



اشارات دانشگاه تهران

۳۰



اصول کداز و استخراج فلزات

جلد سوم

متالورژی فلزات صنعتی

دکتر گیانه حایری

استاد دانشکده فنی

۱۳۲۷

اشارات دانشگاه تهران

۳۰

اصول کداز و استخراج فلزات

جلد سوم

متالورژی فلزات صنعتی

دکتر کیهانیه حابری

استاد دانشکده فنی



۱۳۲۷

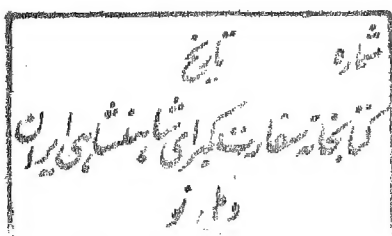
M.A.LIBRARY, A.M.U.



PE1258

[Handwritten signature]

RECEIVED-2006



فهرست مطالب بخش سوم فلزات صنعتی بغیر از آهن و فولاد

صفحه

۴۲۶

فصل بیستم

مس

مقدمه تاریخی - خواص فیزیکی - میکانیکی و شیمیائی - مواد اولیه و سنگهای معدنی - آرایش و تهیه مواد اولیه مس - اثرات ناخالصیها - اصول استخراج مس - گداز مواد اولیه اسید و کربنات - کوره و اثر ژاکت در گداز مس - تشویه مواد اولیه مس - گداز مواد اولیه سولفور - مات مس - ترکیب سر باره - روش گداز پیریتیکی - گداز در کوره شعله ای (روربر) - تبدیل مات مس به مس جوشدار یا مس سیاه - (کنورتیسیاز) - انواع تبدیل کننده ها - فعل و انفعالات شیمیائی در درون تبدیل کننده - تصفیه آتشین مس - تصفیه الکتریکی - طریقه مضاعف (پارالل) - اثرات ناخالصیها محلول الکترولیت - طریقه پی در پی (سری) - مقایسه دو طریقه - استخراج فلزات گران بها از اجن انود - استخراج مس بطریق تروشمیائی - موارد استعمال مس - استخراج مس در ایران بطرز قدیم و بطرز جدید - ناحیه انارک - ناحیه عباس آباد و ناحیه زنجان - تصفیه مس در کارخانه غنی آباد تهران

۴۹۵

فصل بیست و یکم

سرب

مقدمه تاریخی - خواص فیزیکی - میکانیکی و شیمیائی - مواد اولیه و سنگهای معدنی سرب - اصول استخراج سرب - گداز بطرز قدیم - گداز بطرز جدید در کوره و اثر ژاکت

محصولات کوره - دستگاه های غبار و دوده گیری - کیسه های پارچه ای و دستگاه الکتریکی استاتیکی - فعل و انفعالات شیمیایی در کوره گداز سرب - نرم کردن و جدانمودن نقره از سرب -
 طریقه پاتینسون - طریقه پارکس یا زینکاژ - کوره کوپلاسیون - تصفیه الکتریکی سرب
 موارد استعمال سرب - اکسیدهای مهم سرب - استخراج سرب در ایران .

صفحه

۵۳۰

فصل بیست و دوم

روی

تاریخچه - خواص فیزیکی و شیمیایی - مواد اولیه - اصول استخراج روی -
 تکلیس و تشویه مواد اولیه روی - کوره های تشویه - تقطیر روی و مواد اولیه - کوره های
 تقطیر - دستگاه تقطیر و طرز تقطیر روی - تصفیه روی - استخراج بطریق تر - تصفیه الکتریکی
 روی تجارتي - موارد استعمال روی
 کادمیوم - طرز استخراج و موارد استعمال - خواص کادمیوم .

۵۵۴

فصل بیست و سوم

قلع

خواص فیزیکی و شیمیایی - مواد اولیه و معدنی قلع - اصول استخراج - گداز
 قلع در کوره شعله ای - تصفیه قلع - تصفیه آتشین - تصفیه الکتریکی - موارد استعمال
 قلع در صنایع فلزی .

۵۶۵

فصل بیست و چهارم

طلا

مقدمه تاریخی - خواص فیزیکی - مکانیکی و شیمیایی طلا - مواد اولیه و
 سنگهای کانی طلا - اصول استخراج - طلاشویی با وسایل ساده - ملقمه نمودن - هاون
 های میکانیکی - میز ملقمه - گداختن ملقمه و جدا کردن طلا از جیوه - طریقه سیانوراسیون
 تهیه مواد اولیه - طریقه پرکلاسیون - طریقه ازیتهاسیون - رسوب دادن از محلول سیانور
 هضاعف - گداز رسوبات و درآوردن طلا بصورت شمش - تصفیه شمش طلا و جدانمودن

نقره - تصفیه با اسید سولفوریک - تصفیه با اسید نیتریک - تصفیه الکتریکی - تصفیه با گاز کلور - فعل و انفعالات شیمیائی در طریقه سیانوراسیون - طریقه بروموسیانور - استخراج بطریق کلوریناسیون - موارد استعمال طلا .

صفحه

۵۹۹

فصل بیست و پنجم

نقره و طلای سفید

خواص فیزیکی - مکانیکی و شیمیائی - ترکیبات نقره مواد اولیه نقره - اصول استخراج - طریقه مکزیکی - طریقه بشکه ای یا چیلپی - طریقه سیانوراسیون - رسوب دادن نقره بوسیله آلومینیم - طریقه فن پاترا - طریقه زیرفوگل - موارد استعمال نقره .

طلای سفید - خواص مهمه آن - اصول استخراج

۶۱۳

فصل بیست و ششم

جیوه - آرسنیک - بیزموت

جیوه - خواص فیزیکی و شیمیائی - مواد اولیه و سنگهای معدنی - اصول استخراج - طریقه ایتالیائی (ایدریا) - طریقه اسپانیولی (المعدن) - کوره اسپیرک - طریقه قرعی - کوره مدور گردان - تصفیه جیوه - موارد استعمال جیوه -

آرسنیک - خواص فیزیکی و شیمیائی - مواد اولیه سنگهای معدنی - اصول استخراج تهیه آرسنیک سفید - موارد استعمال - آرسنیک ایران .

بیزموت - خواص فیزیکی و شیمیائی - مواد اولیه معدنی - اصول استخراج - استخراج بیزموت بطریقه انشین و به طریقه ترشیمیائی - تصفیه و تصفیه نهائی - موارد استعمال بیزموت .

۶۲۹

فصل بیست و هفتم

انتی موان

تاریخچه - حالت های مختلفه این عنصر - خواص فیزیکی و شیمیائی آنتی موان .

ترکیبات بازرگانی - مواد اولیه و طرز استخراج انتیموان - تهیه مواد اولیه بمنظور بدست آوردن انتیموان فلزی - لیسکواسیون در بوتنه و در لوله های چدنی - تهیه تتراکسید پایدار - تهیه تری اکسید فرار - طریقه هرن اشمیت - استخراج انتیموان فلزی تصفیه انتیموان - موارد استعمال انتیموان -

صفحه

۶۴۵

فصل بیست و هشتم

آلومینیوم - مانیزیم

آلومینیم - مقدمه تاریخی - خواص فیزیکی - میکانیکی و شیمیائی - مواد اولیه و سنگهای معدنی - اصول استخراج - تهیه آلومین خالص بطریقه بایر و بطریقه دوویل پشین - الکترولیز آلومین - کوره الکتریکی احیاء اکسید آلومینیم - همبسته آلومینیم موارد استعمال - آلومینیم

مانیزیم - تاریخچه - خواص فیزیکی - میکانیکی و شیمیائی - مواد اولیه و سنگهای معدنی - اصول استخراج - الکترولیز کلرور مانیزیم بی آب در محلول الکترولیت املاح کلرور پتاسیم و سدیم - الکترولیز اکسید مانیزیم در محلول الکترولیت فلورور مانیزیم و املاح دیگر - مورد استعمال -

۶۶۹

فصل بیست و نهم

مانگاز - کروم - نیکل - کبالت

مانگاز - خواص فیزیکی و شیمیائی - مواد اولیه و معدنی - اصول استخراج مانگاز فلزی - همبسته های مانگاز - بی اکسید مانگاز - طریقه و ستیامناک - طریقه فن آرزویل - موارد استعمال -

کروم - خواص فیزیکی و شیمیائی - مواد اولیه و سنگهای معدنی - اصول استخراج - طریقه گداز کرومیت و تبدیل آن بکرمات - طریقه تبدیل کرومیت بمنظور تحصیل فرو کروم - طریقه گداز کرومیت برای بدست آوردن کروم فلزی - موارد استعمال - کرومیت ایران -

نیکل - خواص فیزیکی و شیمیائی - مواد اولیه و سنگهای معدنی - اصول

استخراج - استخراج نیکل در کشور کانادا پر عیار نمودن مواد معدنی نیکل دار - تشویه و گداز مواد اولیه برای ساختن مات نیکل و مس - جدانمودن سولفور نیکل از سولفور مس بطریقه اورفورده - تصفیه نیکل بطریقه کاربوریل یا طریقۀ موند - تصفیه الکتریکی نیکل - موارد استعمال .

کبالت - خواص فیزیکی و شیمیایی - مواد اولیه و سنگهای معدنی - اصول استخراج - گداز در کوره بلند - تشویه اشپایس - سولفاتۀ نمودن مواد تشویه شده - رسوب دادن واحیاء اکسید کبالت - موارد استعمال -

۷۰۲

فصل شصتی

وانادیوم - تانگستن - ملبدیم - یورانیوم

وانادیوم - طرز بوجود آمدن و مواد معدنی آن - اصول استخراج وانادیوم فازی - فرووانادیوم - موارد استعمال .

تانگستن - مواد اولیه و معدنی - خواص عمومی - اصول استخراج - موارد استعمال .

ملبدیم - مواد اولیه معدنی - اصول استخراج - موارد استعمال .

یورانیوم - مواد اولیه معدنی - اصول استخراج - موارد استعمال

بخش سوم

فلزات صنعتی بشیر از آهن و فولاد

فصل بیستم

مس

مقدمه - نظر باینکه مس مانند طلا و نقره در بعضی نقاط زمین بحالت آزاد طبیعی بدست میآید لذا آنرا از جمله فلزات معدودی بشمار میبرند که انسان اولیه بوجود آنها مطلع و آگاه بوده است. استخراج مس از مواد اولیه معدنی چه بحالت اکسید و چه بحالت گرینات و در آوردن آن باشکال مختلف کار نسبتاً سهل و آسانی بوده و از این لحاظ مخصوصاً همبسته آن با قلع یعنی مفرغ (برنز) مورد استفاده قرار گرفته است. بطوریکه در تاریخ به ثبت رسیده در تعاقب عصر حجر عصر برنز^(۱) آمده است زیرا در طی این مدت بشر توانست از فلزات زود گداز و سهل الحصول بنفع خود استفاده نماید و از آنها اسباب و آلات حفاری و ادوات جنگی بسازد. گفته شده است که یهودیهای قدیم مس را باسم مهوشث Mehosheth و یونانیها باسم کالکو Chalcو و رومیها باسم آیس Aes میشناختند و مورد استفاده قرار میدادند.

چون در آن زمان قسمت عمده مس از جزیره قبرس واقع در مدیترانه شرقی استخراج میگردد و به شهر رم فرستاده میشد لذا رومیها رفته رفته این فلز را باسم آیس سیپریوم Aes cyprium نامیدند. بهرور زمان کلمه آیس Aes از بین رفت و واژه سیپریوم Cyprium باقی ماند و امروز در زبان انگلیسی بشکل Copper و در فرانسه به Cuivre و در آلمانی به Kupfer تغییر شکل یافته و مصطلح و و رایج گشته است.

مصریهای قدیم آشنائی کامل به فلز مس و خواص مفید آن داشتند و علاوه بر این روشهای مختلفی جهت استخراج و گدازان از مواد اولیه و معدنی وضع کرده بودند که دنیای متمدن امروزی بآنها عالم و آگاه نیست!

میگویند مصریها قادر بر این بودند که بطریقی مس فلز را آنقدر سخت و برنده سازند که از آن ساختن تیغهای نازک و لبههای باریک و برنده امکان داشت و بجای چاقو واره و افزار برش بکار میرفت. ساختن و در آوردن مس باین درجه سختی و برنده گی امروزه ممکن نبوده و «فوت کاسه گری» آن به دنیای صنعت مجهول است. خواص فیزیکی - مس یکی از جمله عناصر فلزیست که در قشر زمین بحالت آزاد یافت میشود و توده های ممتد و وسیع آن در ایالت میشیگان در نواحی دریاچه سوپی ریور Superior و در کشور بولیوی و چین و بمیزان کمتری در ایران پیدا میشود. مس خالص در 1803° درجه سانتی گراد گداخته شده و در 2300° درجه بقلیان در میآید. وزن مخصوص مس بسیار خالص $8/95$ ولی نوع تجارتنی آن بین $8/2$ - $8/8$ میباشد.

بعد از نقره، مس خالص، بهترین و عالی ترین هادی نیروی الکتریسته بوده و این اندک وجود عناصر دیگر بشکل ناخالصی از قبیل آرسنیک و آنتی موان این خاصیت را باین آورده و بر مقاومت الکتریکی میافزاید، از این جهت مسیکه برای استفاده از این خاصیت مورد استعمال قرار میگیرد باید صد درصد خالص باشد.

خواص چکش خواری و تورق و مفتول شدن در مس خالص بدرجه اعلا موجود است و ممکن است آنرا بسهولت تحت عملیات میکائیکی مربوطه قرار داد و بصورت های مختلف در آورد. بطور کلی خواص فیزیکی مس به دو دسته تقسیم میشوند که عبارتند از:

۱ - خواص الکتریکی ۲ - خواص میکائیکی و البته این دو خاصیت را نمیتوان در آن واحد از یک قطعه مس در درجه اعلا توقع داشت زیرا وجود بعضی از ناخالصیها که در ایجاد و تقویت یک خاصیت مفید هستند در آن واحد برای خاصیت دیگر مضر و زیان بخش میباشد. مثلاً مقدار بسیار کمی از عنصر بیسموت Bismuth در مس چندان تأثیری در خواص الکتریکی آن ندارد ولی برای خواص میکائیکی بی اندازه خطرناک میباشد. از طرفی دیگر مقادیر جزئی از اکسید مس Cu_2O که در مس خالص حل میشود برای خاصیت چکش خواری بسیار مفید ولی اگر مقدار آن

از ۰/۰۴/۰ تجاوز کند مس خالص را بسیار شکننده و ترد میسازد و قابلیت نور کردن آنرا از بین می برد و دیگر امکان ندارد مس را بشکل ورق یا صفحه در آورد. مقاومت مس در برابر نیروی کشش با مقادیر جزئی از آرسنیک و آنتیمنی مساوی بهتر میشود ولی عناصری مانند بیسموت - تلوریم و گوگرد در اندازه های کم و معین، از این مقاومت میکاهند و آنرا ضعیف میسازند. در موقع ریختن، مقداری اکسیژن در مس گداخته محبوس میشود ولی پس از انجماد، قطعات ریخته شده را سوراخ دار و متخلخل میسازد و از درجه هدایت الکتریکی آنهامیکاهد. حال اگر در موقع و با قبل از ریختن مس در قالب مقدار کمی عنصر بورون Boron بدان اضافه شود تمام نواقص نامبرده مرتفع میگردد.

خواص شیمیائی - در تقسیم بندی عناصر بر حسب قانون «تناوب» عنصر مس در دسته طلا و تفره قرار گرفته است زیرا مهمترین صفات مختصه ایندسته این است که در درجات معمولی گرما، هوای مرطوب و خشک در آنپااثر نمیکند و بطوریکه گفته شد هر سه عنصر بحالت آزاد طبیعی در قشر زمین یافت میشوند.

در هوای مرطوب و در مجاورت اسید کربنیک CO_2 سطح اشیاء مسی از یک لایه نازک سبز رنگی که از کربنات مس تشکیل شده پوشیده میگردد و با اصطلاح زنگ میزند. علامت شیمیائی مس Cu و از واژه لاتینی Cupris مشتق گردیده. وزن اتمی آن ۶۳/۶ و از عناصر دو والا نسی میباشد. اگر مس را گرما دهند در ۱۸۵ درجه سانتی گراد شروع باکسیده شدن میکند. در ۲۰۰ درجه برنگ گلی و در ۳۰۰ درجه برنگ سبز مایل بآبی و در درجات بالاتر برنگ سیاه در میآید. در گرمای سرخ سطح آن از یک غشاء و فلس های باریکی از CuO و Cu_2O پوشیده میشود و فلس های نامبرده را میتوان بوسیله تا کردن و آب دادن از بین برد.

مس بسهولت در اسید ازوتیک HNO_3 متوسط؛ در تیزاب سلفاتی و در اسید سولفوریک جوشان حل میشود و املاح مربوطه را میسازد؛ در اسید کلریدریک رقیق در مجاورت هوا و در آمونیاک در مجاورت هوا و در سیانور پتاسیم حل میگردد و آب به اسید سولفور و HSO_3 مس را بتدریج مبدل به سولفور مینماید.

مواد اولیه و سنگهای معدنی

سنگهای معدنی مس در اغلب نقاط زمین و در بسیاری از ممالك یافت و استخراج میگردند ولی نوع و کمیت و فراوانی و عوامل دیگر آنها فرق میکند. مس بعد از آهن و بولاد از مهمترین فلزات صنعتی بشمار میرود.

کلیتاً مواد اولیه مس را به سه دسته بزرگ تقسیم نموده اند:

۱ - سنگهای معدنی طبیعی - ۲ - سنگهای معدنی اکسیده - ۳ - سنگهای

معدنی سولفور

۱ - مس طبیعی - عنصر مس بحالت آزاد طبیعی در توده های بزرگ و بابشکل ذرات پراکنده در سنگهای آذری (آتشفشانی) در قشر زمین بوجود آمده است. رنگ آن قرمز و شباهت زیادی بگوشت کپنه و خشک شده دارد. این نوع مس چندان زیاد نیست و در همه جا عمومیت ندارد؛ فقط در بعضی نقاط مانند نواحی شمالی دریایچه سوپی ریو و Lake Superior در ایالات متحده امریکا و در کشور بولیوی و شیلی در امریکای جنوبی؛ در کشور چین و در ایران در ناحیه انارک یافت شده و استخراج میگردد. اگر مس آزاد طبیعی بشکل توده و ضخیم باشد بیش از ۹۲٪، مس خالص و بقیه آن سیلیس و مواد خاکی بوده و اگر بشکل ذرات پراکنده باشد مقدار مس در یک نمونه در حدود ۱ - ۱/۵٪ میباشد ولی آنرا میتوان با آسانی با وسایل شست و شو بر عیار نموده و مواد خاکی آنرا بر طرف ساخت. اگر مقدار آن کافی باشد مستقیماً در کوره گداخته و در مرحله مبدل به مس خالص مینمایند ولی اگر مقدار آن کافی نباشد آنرا با مواد اکسیده و یا سولفور مخلوط کرده و با هم در کوره میگذارند.

۲ - سنگهای معدنی اکسیده - اکسیدهای معدنی مس در قشر زمین بیشتر

نزدیک سطح پیدا میشوند و در نتیجه تغییرات جوی و فعل و انفعالات بطئی شیمیائی که در قسمت سولفوررگه مس صورت میگیرد مواد اکسیده بوجود آمده اند. آبهای طبیعی که تا اندازه CO_2 در بردارند بر روی سولفورهای مس اثر کرده و بتدریج آنها را مبدل به کربنات طبیعی - اکسید و سولفات و گاهی اوقات سیلیکات مینمایند. اگر رگه مس نزدیک سطح زمین باشد میتوان یقین داشت که از سطح زمین تا صد متر عمق

از مواد اکسیده و کربنات مس تشکیل شده است و مواد سولفور ه پائین تر و در عمق بیشتری قرار گرفته اند. مهمترین اکسیدهای طبیعی مس عبارتند از :

جدول (۳۳)

اسم کانی شناسی سنگ معدنی	ترکیب شیمیایی	مقدار درصدی مس محتوی
ازوریت	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	۷۵۵/۱۰
مالاکیت	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	۷۵۷/۲۷
کریزوکولا	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	۳۶۰/۶
کوپریت	Cu_2O	۸۸۱/۸۰
ملاکونیت	CuO	۷۹/۸۴
بروکانتیت	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	۶۲/۴۲
اتاکامیت	$\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	۹۵/۴۵
کالکانتیت	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	۲۵۰/۴۰

چون اغلب مواد نامبرده نزدیک به سطح زمین پیدایش می‌شوند و چون آنها زود گداز هستند لذا می‌توان آنها را به سهولت با گرمایی احتراق زغال چوب و کربن آن احیاء نمود و مس فلز را بدست آورد. این اصل مورد استفاده نیاکان ما قرار گرفته و تمام مس ایام باستانی را از این مواد معدنی استخراج می‌کردند و آنچه که گوگرد داشت و سخت گداز بود بحال خود باقی می‌گذاشتند.

۳ - سنگهای سولفور ه - مهمترین مواد اولیه مس که قسمت معظم آنکه ۹۵٪ مس محصول سالیانه دنیا را می‌دهد مواد سولفور ه می‌باشد زیرا فلز به سهولت استخراج، مواد اکسیده زود تر بهره بردای شده و کم و بیش تمام شد اند و چون معادن مس فعلاً بیشتر در عمق کار می‌کنند اغلب مواد اولیه بصورت سولفور ه می‌باشند. واضح است که استخراج مس از اینگونه مواد خالی از اشکال نبوده زیرا اغلب عناصر دیگری به همراه دارند که باید بطریقی آنها را از بین برد و بر طرف ساخت تا این که دخالتی در عملیات گداز نداشته باشند. مهمترین مواد گوگرد دار مس عبارتند از :

جدول (۳۴)

اسم کانی شناسی مواد سولفور	ترکیب شیمیایی	مقدار درصد مس محتو
کالکوپیریت Chalcopyrite	CuFeS_2	۱۰۳۴/۵
کالکوزیت Chalcosite	Cu_2S	۱۰۷۹/۸
ککولیت Covellite	CuS	۱۰۶۶/۵
بورنیت Bournite	Cu_5FeS_4	۱۰۶۳/۳
انارژیت Enargite	$3\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$	۱۰۴۸/—
تترا ادریت Tetrahedrite	Cu_8S_7	۱۰۵۲/۶
تنانیت Tennantite	$\text{As}_8\text{As}_2\text{S}_7$	۱۰۵۷/—

آرایش مواد اولیه مس - معمولاً در يك ناحیه مس خیز که مس بشکل رگه های متنوع و یا توده در آمده است اغلب اتفاق می افتد که چندین نوع سنگ معدنی باهم وجود داشته باشند و علاوه عناصر فلزی دیگری از قبیل سرب، روی و آهن و گاهی اوقات طلا و نقره نیز موجودند. در قسمتی از رگه که نزدیک بسطح زمین است مواد اکسیده و کربنات وجود خواهند داشت و از این لحاظ بود که انسان اولیه و نیاکان ما از مس این قسمت استفاده میکردند ولی چون با آلات و ادوات جفاری و سنگ شکنهای امروزی مجهز نبودند لذا موادیکه در عمق بود دست نرزد، به معدن دیگری رفته و در جستجوی منابع دیگری بر میآمدند.

در ممالکی که هنوز صنایع بسط و توسعه پیدا نکرده و از منابع طبیعی زیر زمینی آنطور که باید استفاده نشد و مورد هجوم و حمله سندیکاها و شرکت های استخراج کننده واقع نشده اند معدنی موجود است که مانند میومو «سرسبد» بوده و در محتوی مس کم و بیش غنی میباشد؛ یعنی میتوان سنگهای معدنی بدست آورد که بطور متوسط محتوی ۱۲/۶٪ مس باشند البته آرایش اینگونه مواد غنی بسیار سهل و آسان است زیرا با اندک تقسیم بندی و سنگ جوری بدرجه يك و دو و سه، خوب را از بد جدا کرده و آنها را مستقیماً در گوره بلند و اثر ژاکت که شرح آن قبلاً داده خواهد شد گذاخته، و مس آنها را استخراج کرده و بعداً بر حسب تقاضا تصفیه میکنند. اما در کشورهایی که کاملاً صنعتی میباشد و نیازمندی مسری به این قبیل مواد اولیه دارند و بخصوص در

این نیم قرن اخیر که منتهای درجه استفاده از منابع طبیعی چه سطحی و چه تحت الارضی شده، دیگر موادی که بدست میآیند چندان در محتوی مس غنی نبوده و به علاوه مخلوط با عناصر دیگری میباشند که جدا کردن آنها فقط بوسیله سنگ جوری و شکاندن ممکن نخواهد بود. امروز در کشورهای متحده امریکا، سنگ معدنی که ۱٪ مس دارد کاملاً قابل استخراج و بهره برداری بوده و مورد استفاده واقع میگردد و برای اینکه بتوان از اینگونه مواد فقیر بوجه احسن استفاده نمود آنها را طبق اصول فنی و اقتصادی اولاً از معدن بیرون آورده و بعد آرایش و تهیه مینمایند

وسایل آرایش عبارت است از شکاندن و شستن مواد در روی میزها و دستگاه جیگهای مختلف و بالاخره بوسیله دستگاه فلو تاسیون که شرح مفصل آن در جلد اول (فصل هشتم) داده شده است و در این جا دیگر لازم بتکرار نیست.

در نتیجه این عملیات قسمت معظم مواد خاکی و بیفایده از بین رفته و به عبارتی محتوی فلزی افزوده میگردد، یعنی موادی که بطور متوسط در حدود ۱٪ مس داشته پس از خامه عملیات آرایش و تهیه محتوی ۳۰ - ۵۰٪ مس خواهند شد. حال میتوان اینگونه مواد غنی شده را در کوره شعله گداخته و تبدیل به مس خالص نمود.

اثرات ناخالصیها در مس

ترکیب مس خالص بازرگانی و صنعتی از اینقرار است:

مس ۹۹/۴۴ - ۹۹/۸۸۳٪؛ نقره ۰/۰۰۲ - ۰/۰۱۱٪؛ سرب از صفر - ۰/۰۰۲۲٪؛
بیزموت از صفر - ۰/۰۱٪؛ آرسنیک ۰/۰۰۱ - ۰/۰۲٪؛ آنتی مون ۰/۰۰۰۶ - ۰/۰۰۵٪؛
آهن ۰/۰۰۲۸ - ۰/۰۳۸٪؛ گوگرد ۰/۰۰۱۶ - ۰/۰۰۲٪؛ اکسیژن ۰/۰۰۲ - ۰/۰۰۸۸٪؛
بطوریکه ملاحظه میشود اضافه بر Cu_2O مس خالص محتوی یکماده از عناصر فلزی بشکل ناخالصی بوده که هر قدر مقادیر آنها کم و جزئی باشند معذات در مواردی در بعضی از خواص فیزیکی و میکانیکی مس تأثیر بسزائی دارند و اینک به شرح آنها می پردازیم.

۱ - اکسیژن - اکسیژن در مس غیر قابل حل است ولی اکسیژن در مس بصورت Cu_2O وجود دارد و این تنها اکسیدی است که تا درجه گداز مس پایدار و باقیمانده

میمانند مس خالص میتواند تا ۶/۱ (Cu₂O) در برداشته باشد ولی وقتی که مقدار آن در مس از ۵/۱۰/۱ تجاوز کند آنگاه مس را شکننده کرده و از حیز انتفاع ساقط میسازد.

۲ - سرب - مقدار سربیکه معمولاً در مس های خالص تجارتی موجود است چندان نیست که تأثیری در خواص مس بدهد؛ مثلاً تا ۱۵/۰/۱، سرب اثرات خود را روی نیروی کشش و خواص چکش خواری نشان نمیدهد ولی اگر مس محتوی اکسیژن بشکل (Cu₂O) نباشد آنوقت اثرات سرب حتی بمقدار کمتر از ۵/۰/۱، نیز محسوس میگردد.

۳ - بیزموت - این عنصر از موزنی ترین و خطرناک ترین ناخالصیهابشمار میرود زیرا مقدار آن حتی اگر از ۲۵/۰/۱ تجاوز کند مس را بکلی شکننده و ترد میسازد و دیگر نمیتوان آنرا تحت عملیات نورد گرم قرار داد. وجود ارسنیک و آنتی موان تا اندازه از اثرات سوء عنصر بیزموت میکاهد.

۴ - آهن - در مس تجارتی آهن همیشه وجود دارد ولی ضرری بجائی نمیرساند و اگر مقدار آن زیاد شود البته مس را شکننده و سخت میکند.

۵ - آرسنیک - این عنصر تا حد ۴/۰/۱، اثرات سوئی بر روی خواص میکانیکی ندارد ولی تا اندازه از هدایت الکتریکی مس میکاهد. مقدار قابل قبول این عنصر ۶/۰/۱ است.

۶ - آنتی موان - اثرات آنتی موان شباهت زیادی به اثرات ارسنیک دارد و مقدار آن در مس خالص در حدود ۵/۰/۱ است.

ناخالصیهای دیگر از قبیل گوگرد، قلع و روی نباید در مس خالص وجود داشته باشند. البته گاهی اوقات فسفر را عمداً بمس اضافه میکنند که خاصیت ریختن مس گداخته را در قالب ها بهتر کند.

اصول استخراج مس

مس را میتوان از مواد اولیه و سنگهای معدنی بطریق خشک، یعنی گرما دادن و گداختن و یا بطریق تر، یعنی حل کردن مس در حلال های مختلف جدا و استخراج

نمود. در طبقه اولی کلیه مواد مس دار را در کوره چه بلند و چه شعاع (روربر) با مقداری مواد گداز آور مخلوط کرده و بوسیله کک یا سوخت دیگری گرماداده تا اینکه مواد گداخته شوند و تشکیل فلز مایع ناخالصی بدهند، سپس در مراحل مختلفه مقدار مس محتویرا زیاد نموده تا آنکه بالاخره مس تصفیه شده ۹۹ در صد بدست آید.

امروز متجاوز از ۹۰٪ محصول مس دنیا از این راه که در اصطلاح گداز فلزات موسوم به پیرومتالورژی Pyrometallurgy است بدست میآید. این طبقه بر حسب خواص فیزیکی و شیمیائی مواد اولیه و طرز آرایش و تهیه آنها برای عملیات گداز تغییر میکند. اگر مواد اولیه مس بیشتر از اکسید و کربنات و یامس آزاد طبیعی تشکیل شده باشند و در مقدار محتوی مس نسبتاً غنی باشند. آنها را با مواد گداز آور مخلوط کرده در کوره بلندی موسوم به واتر ژاکت^(۱) با کک احیاء نموده ویت مس ناخالصی موسوم به «مس سیاه» نتیجه میشود.

از احتراق کک، گرمای لازم بوجود میآید و فعل و انفعالات شیمیائی بین مس واد اولیه مس و مواد گداز آور و خاکستر و کربن کک صورت میگیرد. مواد گداز آور با آهن و اکسیدهای قلیائی و خاکی که در «گانگ» مواد اولیه موجود اند ترکیب شده تولید سرباره میکنند. کربن کک با اکسید و کربن، اکسیدهای مس را احیاء کرده و مس گداخته از سرباره نظر به اختلاف وزن مخصوصی که بین آنها موجود است به آسانی جدا میگردد. اگر مواد اولیه بیشتر از سنگهای سولفور تشکیل شده باشند میتوان آنها را بطرز بالا در کوره بلند احیاء نمود ولی باید رویه دیگری را اتخاذ نمود. در این مورد بار کوره از مواد اولیه مس تشویه شده و یا تشویه نشده و مقداری مواد گداز آور و کک تشکیل میشود. مانند بالا گرمای لازم جهت فعل و انفعالات شیمیائی از احتراق کک حاصل میشود. ولی قسمتی از گوگرد موجود بصورت گاز SO_2 در آمده و با گرمای اضافی نیز تولید میکند که در مواردی ممکن است از مصرف کلی کک کم کرد و در عوض از احتراق گوگرد استفاده نمود. بالاخره در نتیجه از دیاد درجه گرما، سولفور مس با سولفور آهن در یکدیگر حل شده و با هم ترکیبی میسازند که موسوم به «مت»

(Matte) است و مات در سرباره گداخته غیر قابل حل است و چون دارای وزن مخصوص بیشتری میباشد همیشه در زیر سرباره قرار میگیرد. بعداً مات را از کوره بیرون آورده و در دستگاه تبدیل کننده تبدیل به «مس سیاه» یا «مس جوش دار» کرده و سپس در مرحله سوم آنرا تصفیه کرده و مس خالص بدست میآورند.

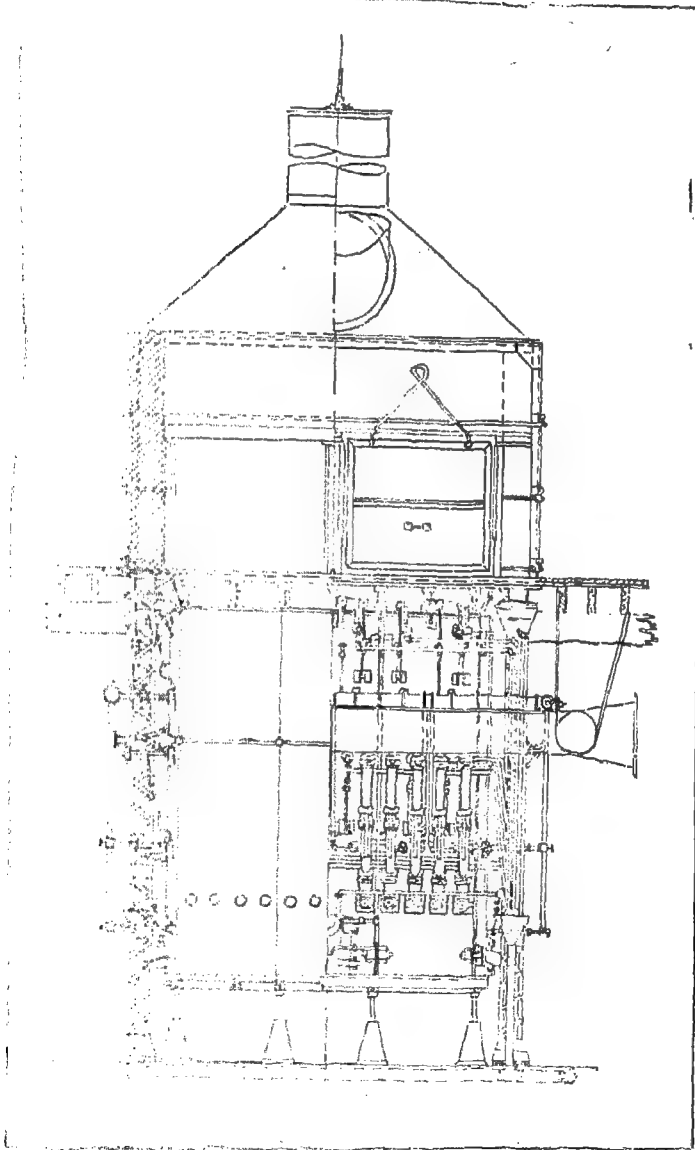
در طریقه دومی که در اصطلاح گداز فلزات به Hydrometallurgy نامیده شده است، مواد اولیه مس را در محلول رقیق یکی از حلالهای معروف از قبیل اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، سولفات آهن $Fe_2(SO_4)_3$ و در آب حل کرده و بعداً مواد غیر قابل حل را بوسیله صافیهای میکانیکی بر طرف نموده و محلول مس را بوسیله تجزیه الکتریکی و یا شیمیائی متمرکز ساخته و مبدل به مس خالص مینمایند. گداز مواد اولیه اکسید و کربنات - گداختن مواد اولیه مس که اغلب از اکسید و کربنات تشکیل شده اند عملی است بسی ساده و آسان، زیرا مواد مزبور را با مقداری مواد گداز آورو کک مخلوط کرده و در کوره بلند و اترزاکت گداخته و تبدیل به «مس سیاه» نمود. در کوره بلند، اکسید مس بوسیله کربن کک طبق روابط زیر احیاء شده و مس آزاد میگردد



مواد کربناتی که بحالت مالاکیت و یا ازوریت میباشد در قسمتهای فوقانی کوره بلند تکلیف شده، اسید کربنیک CO_2 خود را از دست داده و بشکل اکسید مس در میآیند سپس در قسمت اصلی کوره بر حسب فعل و انفعالات بالا مبدل به مس آزاد میشوند. قسمت خاکی یعنی «گانگ» مواد اولیه اگر سیلیسی باشد با اکسید آهن FeO و اکسید آهک CaO در آمیزش شیمیائی در آمده تولید سیلیکات آهک و آهن کرده و بصورت سرباره روی مس گداخته شناور میگردد.

در بوته کوره بلند سرباره گداخته همیشه روی مس قرار میگیرد. در هر فاصله چند ساعت یا چند دقیقه بر حسب ظرفیت کوره مس گداخته را از منفذ خروجی معینی

خارج کرده و در قالب شمش میریزند و بعداً بتصفیه خانه میفرستند
در مواردی اگر مشتری داشته باشد بهمان وضعیت ناخالص در بازارهای فلزی
بفروش میرسانند.



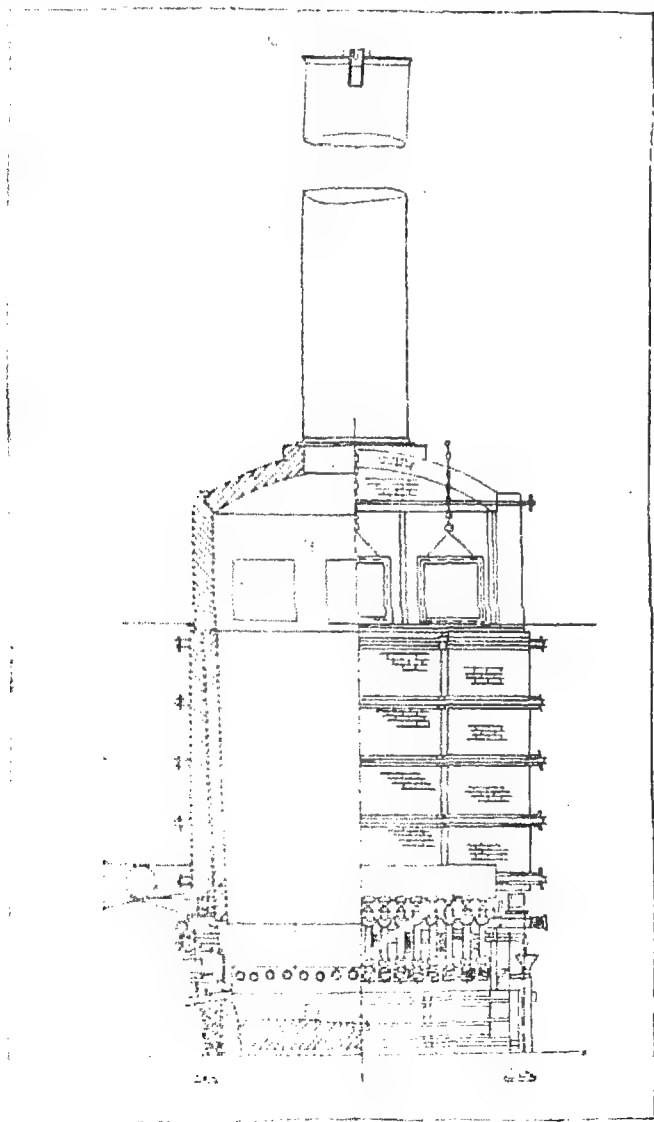
شکل (۱۶۰) کوره واتر ژاکت بزرگ که در استخراج مس بکار میرود

چون امروزه در اغلب ممالك مس خیز ، بیشتر مس در معادن بصورت سولفور مس استخراج میشود ، لذا آنچه اکسید و کربنات موجود باشد با سولفور مخلوط کرده و با هم میگذازند ولی در کنگوی بلژیک در ناحیه کاتانگا (Katanga) که دارای توده های عظیم مس بحالت کربنات است آنها را مستقماً در کوره های بلند ذوب میکنند. البته در این نوع کوره های بزرگ ، منفذ خروجی سر باره همیشه باز است و مس فلزی «سیاه» را از منفذ پایین تری از بوته کوره خارج کرده و در قالبهای شمش میریزند .

کوره و اثر ژاکت - در ایام قدیمه مواد اولیه مس را که غالباً اکسید یا کربنات بود در گودالی ریخته و با احتراق زغال چوب احیاء مینمودند و دستگاه گذاز چیزی بیش از یک گودال و نفخ دستی نبود. برای اینکه ظرفیت کوره و کشش هوای آن را بهتر کنند، روی گودال مزبور یک دودکش آجری ساختند و گودال را بزرگتر نمودند بعداً بتدریج هر قدر مواد اولیه سخت گذاز تر میشد ارتفاع کوره را زیاد میکردند و دستگاه نفخ دستی را بزرگتر مینمودند ، رفته رفته کوره بشکل کوره اولیه گذاز آهن در آمد یعنی از یک ساختمان استوانه آجری که در قاعده آن منافذ خروج مواد گداخته ساخته شده بود تشکیل میشد . این کوره دواشکل تولید میکرد: یکی اینکه جدار درونی آن مخصوصاً در منطقه پر حرارت زود از بین میرفت و خراب میشد دوم اینکه مس آزاد شده با سر باره طوری مخلوط میگردد که جدا کردن آنها حتی پس از انجماد بسیار دشوار بود و بدین جهت مقداری مس همیشه بهدر میرفت و در سر باره مفقود میگردد . پس از اختراع کوره و اثر ژاکت که اینک بشرح آن میپردازیم این دو نقیصه بدین ترتیب مرتفع گردید .

اول اینکه تمام و بلکه قسمت معظم ساختمان کوره بلند و اثر ژاکت از صفحات کلفت فولادی ساخته میشود و درون آن از آجرهای نسوز پوشیده میگردد . قسمت شکم کوره که بالا فاصله روی لوله های دم میباشد از ژاکت Jacket یعنی صفحات آهن دولایه و توخالی شبیه به کیسه آب گرم ساخته شده است بقسمیکه در حین کار آب سرد در درون آن دائماً در جریان است تا اینکه سطوح درونی که تماس با مواد گداخته دارند زیاده از حد گرم نشده و سر باره های خورند ، و تباه کننده بر روی آنها چندان

اثرات سوئی وارد نسازند
دوم اینکه بوسیله قرار دادن یک تشت بزرگ در خارج کوره و ریختن مس
گداخته و سرباره در آن، عمل جداسدن مس از سرباره بهتر صورت میگیرد
کوره واتر ژاکت Water - Jacket امروزی که عیناً شباهت به کوره پانند



شکل (۱۶۱) یک کوره دیگر و تر ژاکت

دوب آهن را دارد از سه قسمت اصلی تشکیل می‌گردد و آنها عبارتند از :

۱ - بوته ۲ - شکم ۳ - سینه و بدنه با ضافه دودکش .

اختلافی که این کوره با کوره بلند گداز آهن دارد اولاً در شکل ساختمانی آن میباشد زیرا مقطع این کوره اغلب بشکل مربع مستطیل است و فقط در کوره های بسیار کوچک دایره شکل میباشد .

ناپائید قسمت شکم و مقداری از بدنه اصلی کوره از صفحات آهن دولائی تو خالی ساخته شده که آب سرد در آنها دائماً جریان دارد و بدینوسیله از شدت گرما کاسته و بر عمر آنها میافزاید ؛ این قسمت را با اصطلاح « ژاکت » مینامند

بوته کوره از چندین صفحات چدنی موج دار و ضخیم ساخته شده که یا مستقیماً روی اساس بتون مسلح قرار گرفته و یا مانند شکل (۱۶۰) بوسیله ستون و تیرهای آهنی استوار گردیده است . داخل بوته از آجرهای نسوز سیامیسی درجه اعلا و یا گاهی اوقات از آجرهای کرومیت پوشیده است . در کنار طرفین آن دو منفذ یکی برای اخراج سرباره و دومی ، قدری پائین تر ، برای اخراج مات تعبیه گردیده . با فاصله روی بوته ، قسمت شکم و بدنه استوانه و یا مکعب مستطیل شکلی ساخته شده است . عرض قسمت شکم محدود به نفوذ باد دم بوده و بین ۱/۴ - ۰/۷۵ متر تغییر می کنند ولی در عوض طول آن بین ۳/۵ - ۱۵ متر می باشد و در کوره های بسیار بزرگ شرکت اناکوندا (Anaconda) در ایالات متحده امریکا به ۲۶ متر میرسد .

معمولاً این قسمت کوره را در چند ردیف از صفحات فولادی دولائی موسوم به ژاکت طوری می سازند که آب خنک بتواند در درون آنها در جریان باشد . صفحات درونی که مستقیماً تماس با مواد گداخته در کوره دارند قدری کلفت تر از صفحات بیرونی میباشد و از اینجهت نیازی به پوشش نسوز ندارند ؛ زیرا موقعی که کوره براه افتاده و کار می کند ، گرمای پرتویی باعث می گردد که روی سطوح درونی آنها يك قشر نازکی بوجود آید . قشر مزبور ، این قسمت را از گرما و اثرات خورنده سرباره ها مصون نگاه می دارد .

لوله های منفذ باد به قسمت تحتانی ژاکت متصل و از درون آنها باد دم

بدرون کوره دمیده میشود. در کوره‌های بسیار بزرگ چند ردیف ژاکت روی یکدیگر میگذارند و آنها را بوسیله تیرهای آهن بسته و محکم میسازند. عمارتیکه در آن کوره بلند و اثر ژاکت ساخته شده دارای سه اشکوب میباشد.

۱ - اشکوب فوقانی موسوم به اشکوب باردهی - دوم اشکوب کوره - سوم باز اشکوب مات و سر باره.

قسمت ژاکت های شکم و بدنه کوره تا قدری پائین تر از اشکوب باردهی ادامه دارد - درب باردهی در بدنه کوره ساخته شده بوسیله باز بسته میشود. بعد از اشکوب بار گیری تا ارتفاع ۴ - ۶ متر خارج کوره از صفحات آهن پخته که قسمت درونی آنها از آجر نسوز پوشیده شده تشکیل یافته؛ سر کوره منتهی به کلاهکی میگردد که لوله دود کش بدان متصل است و این لوله پس از تا خوردن بطرف اطایقه دستگاه غبار گیر قرار گرفته است گاز و مواد متصاعده را هدایت میکند.

در کوره های کوچک، پس از آنکه بوته از مات و سر باره مملو گشت منفذ خروج مواد مذاب را باز کرده و آنها را در پاتیل های چدنی میریزند و مدتی نگاه میدارند در این مدت چون مات دارای وزن مخصوص بیشتری میباشد ته نشین شده و ته پاتیل منجمد میشود. پس از انجماد محتویات پاتیل را بیرون آورده و سر باره را باسانی از مات جدا مینمایند. ولی این رویه در کوره های بزرگ عملی نیست لذا برای آنها دو مجرای جداگانه میسازند. از مجرای بالائی که همیشه باز است سر باره بیرون میریزد و در ظرف مخصوص جمع آوری میشود و بعداً بمصارف مختلف میرسد. از منفذ تحتانی مس سیاه یا مات بمقدار کمی سر باره بیرون آمده و داخل تشت بزرگی بمقدار ۵ - ۸ متر و بگودی ۵۰/۵۰ - ۱ متر که جدار درونی آن از مواد نسوز پوشش یافته میشود. در اینجا مات گذاخته مدتی میماند و عمل تصفیه انجام میگردد یعنی این دو ماده فرصت کافی خواهند داشت که از یکدیگر جدا شوند و دولایه مجزا تشکیل دهند. مس سیاه یا مات را از ته تشت خارج کرده و قالب میریزند و یا مستقیماً به دستگاه تبدیل کننده برای عملیات مرحله دوم بکار میریزند.

تشویه مواد اولیه مس

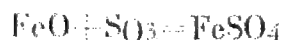
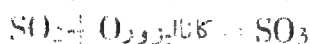
در استخراج مس بوسیله گداختن مواد اولیه، صلاح در این است که سنگهای معدنی مس را ابتداء تحت عملیات تشویه قرار داد تا اینکه گوگرد زیادی و ناخالصیهای دیگر آنها از قبیل آرسنیک - انتی موان و حتی بیزموت بقدر امکان کم شده و سولفورهای فلزی تبدیل با اکسید شده تا زود تر با سیلیس و اکسید آهن در ترکیب در آمده تولید سرباره بنمایند

تشویه مواد اولیه مس که در کوره واترژاکت گداخته میشوند چندان ضرورتی ندارد زیرا ممکن است بطریقی عمل مزبور در خود کوره در آن واحد انجام شود ولی مواد بکه در کوره شعله ای گداخته میشوند باید قبل از اقدام به گداختن آنها را تحت عملیات تکلیس و تشویه قرار داد. البته شدت عمل تشویه بستگی مستقیم و نزدیکی بمقدار موجودی عناصر گوگرد و مس و آهن در مواد اولیه دارد؛ و هر قدر مقدار گوگرد بیشتر باشد شدت و مدت عملیات تشویه بیشتر و طولانی تر خواهد بود. فعل و انفعالاتی که در تشویه صورت میگیرد از این قرار است

فرض شود که مواد اولیه مس از سولفور تشکیل یافته و عبارتند از کالکوزیت کالکوپریت - پروتیت و پیریت در حالت نرم و خورده شده. و قتی که کالکوزیت را در کوره گرما میدهند در مجاورت اکسیژن کافی در بین درجات ۴۳۰ - ۶۹۰ سانتی گراد محترق شده و با اکسیژن در ترکیب شیمیائی در آمده تولید اکسیدهای زیر را میکند:



نسبت های اکسید و سولفاتیکه در نتیجه فعل و انفعالات بالا حاصل میشود مربوط به درجه گرمای تشویه و مقدار اکسیژن زیادی میباشد. در اغلب سنگهای سولفور مس، پروتیت و FeSn وجود دارد. در موقع تشویه گوگرد آن در مجاورت اکسیژن در آمده و در گرمای ۳۰۰ - ۵۰۰ درجه سانتی گراد فعل و انفعالات زیر رخ میدهد



ولی اگر مقدار گرما از ۵۳۰ درجه سانتی گراد تجاوز کند، سولفات آهن دو مرتبه تجزیه میگردد.

عملیات تشویه کالکوپریت نیز مانند پیروتیت میباشد؛ اگر پیریت آهن را در جی سر بسته بدون مجاورت اکسیژن گرما دهند در ۳۰۰ درجه گداز گوگرد متصاعد میگردد. $2\text{FeS} + \text{S}_2 = \text{حرارت} + 2\text{FeS}_2$ ولی اگر گرما را زیاد بکنند و هوا داخل کوره بنمایند گاز SO_2 خارج میشود و در درجات بین ۲۶۰ و ۳۰۰ این فعل و انفعالات انجام میگردد:



مواد اولیه مس جهت تشویه اگر بشکل قطعه و قلوه سنگ و درشت باشند بطور توده و یا در کوره های مرتفع آهک بزی (Kiln) تشویه میشوند. فعلاً این عمل کم و بیش متروک شده است. ولی اگر بشکل ذرات ریز مانند محصول دستگاه فلو تاسیون باشد یعنی قبلاً تحت عملیات آرایش و تهیه واقع شده باشند آنوقت عملیات تشویه در کوره شعله و یادر کوره های وز - هر شوف - درایت اوئید که شرح مفصل آنها در جلد اول (فصل هفتم) تحت عنوان تکلیس و تشویه داده شده است صورت میگردد.

یک کوره تشویه (وز) که دارای هفت اشکوب و به قطر هشت متر میباشد در ۲۴ ساعت در حدود ۷۰ تن مواد گوگرد دار را تشویه میکند.

امروز چون قسمت معظم مواد اولیه مس، سولفور میباشد و در سر معدن و محل استخراج از زمین تحت عملیات آرایش و تهیه واقع میشوند و بصورت برقیار در می آیند از این جهت قبل از مبادرت به ذوب باید تشویه شوند تا گوگرد زیادی و ناخالصی های دیگر خود را از دست بدهند والا نمیتوان از آنها مس مناسبی بدست آورد.

سنگ از مواد اولیه گوگرد دار (سولفور) از نقطه نظر گذار ذرات سنگ های معدنی سولفور مس از FeS و Cu_2S و گانسی تشکیل شده و منظور از ذوب جدا کردن

مس از گوگرد و آهن و بقیه عناصر خاکی و اسیدی میباشد

اصول استخراج بر روی این حقایق قرار گرفته است :

۱ - میل ترکیبی عنصر مس با گوگرد به مراتب بیشتر و شدیدتر از آهن است

۲ - میل ترکیبی عنصر آهن با اکسیژن شدیدتر از مس میباشد

۳ - سولفور مس Cu_2S در سولفور آهن FeS حل شده و هر دو با هم تولید

مات (Matte) مینمایند

۴ - مات حاصله دارای وزن مخصوص زیاد تری از سر باره بوده و در آن غیر

قابل حل میباشد .

۵ - مات حاصله میتواند فلزات گران بهار را از قبیل طلا و نقره که در مواد معدنی

اصلی موجود اند در خود حل نماید و نگاه دارد .

۶ - سولفور مس Cu_2S در گرمای 450°C درجه سانی گرا با اکسید مس Cu_2O

در فعل و انفعال در آمده مس فلز را آزاد ساخته و گاز SO_2 متصاعد میگردد

از تحقیقت اخیر در عمل تبدیل مس «مات» به «مس سیاه» و جوش دار بوسیله دستگاه

تبدیل کننده استفاده نموده و میتوان گفت که مبنای مرحله دوم استخراج مس بر آن

استوار گشته است.

عملیات گداز در کوره بلند و اتزاکت که شرح آن رفت در سه روش و طریقه پی

روی میگردد و آنها عبارتند از :

۱ - روش تشویه و احیاء که در آن مواد اولیه مس چه تشویه شده و چه نشده با مقدار

زیادی کک در کوره گداخته شده و کک گرمای لازم را برای فعل و انفعالات احیاء

کننده تأمین میسازد و اکسیدهای مس بترتیب به مس آزاد فاسازی احیاء میگرددند.

۲ - روش پیریتییک Pyritic - که در آن از احتراق گوگرد اضافی در مواد

سولفوره مس استفاده کرده، زیرا اگر هائیکه از تولید گاز SO_2 و سیلیکات آهن حاصل

میشود برای گداختن بار کوره و در آوردن آن بصورت مات و سر باره کافی

خواهد بود .

۳ - روش نیمه پیریتیکی Semi-pyritic که در آن مقداری کک به منظور

كمك بادامه عملیات و تأمین گرمای کافی اضافه میگردد و میتوان گفت که این روش حد وسط بین دوروش نامبرده در بالا است.

در اینجا باید متذکر شد که با وجودیکه روش پیریتیک از نقطه نظر اقتصاد و صرفه جوئی در مقدار سوخت بسیار خوب و مطلوب است ولی در عمل انجام آن مشکل است و در اغلب کارخانه‌هاییکه روش نامبرده عمل میشود باز بطور اجبار باید مقداری کاتیکار برد تا اینکه گرمای لازم و کافی جهت ادامه عملیات در کوره تأمین گردد.

مات مس - اولین محصولی که از گداز مواد اولیه و سنگهای معدنی مس چه در کوره و اثر ژاکت و چه در کوره شعله بدست میآید «مات» میباشد. مات مس مخلوط مرکبی است از سولفور مس و سولفور آهن در نسبتهای مختلف. و فورمول کلی آن عبارت است از $(x\text{Cu}_2\text{S} \cdot y\text{FeS})$ زیرا بر حسب نوع و عیار مواد اولیه مس و طرز کار کوره محتوی مس در مات بین ۱۵-۶۵٪ تغییر میکنند. وقتی که سنگهای معدنی را در کوره گرما می دهند که بحالت گداخته درآیند، نظر بمیل ترکیبی گوگرد با مس و از طرفی با آهن این سه عنصر در ترکیب شیمیائی درآمده و تولید «مات» میکنند؛ چونکه این دو سولفور در یکدیگر قابل حل می باشند. اضافه بر این عناصر فلزی دیگری که در مواد اولیه وجود دارند از قبیل نیکل - اتی - منگ - بزموت و آرسنیک نیز داخل مات مس شده و در آن باقی میمانند. یکی از خصوصیات مات مس اینست که فلزات گران بها طلا و نقره در خود جمع میکنند بدلیل اینکه سولفور مس Cu_2S و سولفور نقره Ag_2S با هم محلول جامد می دهند. دیگر اینکه سولفور مس Cu_2S ، طلا را در خود حل میکند و عنصر مس با هر دوی آنها ترکیب همبسته در میآید.

از این لحاظ سعی میشود که اگر در مواد اولیه، طلا بصورتی موجود باشد که استخراج آن با وسایل دیگر مقرون بصرفه نباشد آن مواد را در باز کوره داخل کرده و با مواد اولیه مس بعنوان مواد گداز آور گداخته و فلزات گران بها را در مات جمع آوری نموده و بعداً بطرقی که ذکر خواهد شد از مس جدا نموده و مورد استفاده قرار می دهند.

برای نمونه چند ترکیب مات مس در زیر داده می شود:

مات محصول کوره و اثر ژاکت (۱) مس ۷۲ تا ۷۴٪ گوگرد ۲۳٪ آهن ۲۵٪
مات « « « (۲) « ۷۵٪ « ۲۴٪ « ۱۳۹٪

مات محصول کوره شعله (۱) مس ۱/۶۰/۸ - گوگرد ۳/۲۳ - آهن ۱/۱۱/۴
درجه گداز مات بستگی مستقیمی با مقدار محتوی مس دارد، یعنی هر قدر
مقدار درصد مس در مات بیشتر باشد درجه گداز مات بالاتر خواهد رفت
مثلاً درجه گداز ماتی که ۱/۳۰ مس دارد در حدود ۸۷۵ درجه سانتی گراد است.

هوایی که بوسیله دم‌بندرون کوره دمیده می‌شود باید فقط کربن کک را احیاء نماید و به گوگرد کاری نداشته باشد. اگرچه مقدار کمی گوگرد می‌سوزد و مبدل به SO_2 می‌گردد ولی قسمت معظم گاز نامبرده در نتیجه فعل و انفعالاتی است که فیما بین سولفورهای مس و اکسیدهای آن صورت می‌گیرد حاصل می‌شود. عناصر مس، آهن و گوگرد باهم در آمیزش شیمیائی درآمده و ترکیبی به شکل «مات» می‌دهند. مات مزبور علاوه بر طلا و نقره قسمت زیادی از آرسنیک آنتی‌موان، روی و سرب را در خود حل می‌کند و به‌همراه می‌برد. از طرفی دیگر اکسیدهای اسیدی و قلیائی مانند MgO, CaO, FeO, SiO_2 با هم ترکیب شده و تولید سرباره می‌کنند. سوختی که در این کوره بکار می‌رود کک می‌باشد و مقدار آن باید در حدود ۱۶٪ وزن بار کوره باشد. البته می‌توان بجای کک، زغال چوب بکار برد ولی چون سختی و استحکام کک را ندارد در زیر فشار مواد اولیه کوره مبدل به گرد شده و به شکل ذرات از دهانه کوره خارج می‌شود.

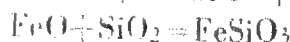
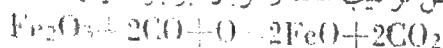
فعل و انفعالاتی که در روش گداز احیاء وقوع می‌یابند از این قرار است:

در حین اینکه مواد اولیه از دهانه کوره بطرف شکم آن سرازیر شده پائین می‌آیند رطوبت و آب میکائیکی آنها گرفته شده و اکسید مس احیاء می‌شود و سپس قسمتی از آن مبدل به سولفور می‌گردد.



سنگ معدنی همانیت Fe_2O_3 بوسیله کربن و اکسید کربن احیاء شده و در

حالت FeO با سیلیس ترکیب شده و سرباره بوجود می‌آید.



بعدها اکسید مس با سولفور هر دو در فعل و انفعال درآمده و مس

آزاد می‌گردد.



مس آزاد شده فوراً باز بوسیله پیریت آهن مبدل به سولفور مس می‌گردد.



حال اگر مقدار گوگرد و آهن در بار کوره بحد کفایت نباشد که « مات » مس بدست آید مقدار معظمی از مس فازی به سر باره خواهد رفت و از بین میرود .
مات مس در گرمای ۹۰۰ درجه سانتیگراد بوجود میآید و قطره قطره از لابلای مواد اولیه که بشکل خمیره در آمده اند پائین رفته و در بوته کوره جمع میگردد ولی در ضمن پائین آمدن ذرات طلا و نقره که در مواد اولیه بار موجود است در خود حل کرده و به همراه میبرد .

سر باره در نقطه بالاتر از مدخل لوله های دم تشکیل میشود . هوائیکه بوسیله لوله های دم داخل کوره میشود تماس با کک پییدا میکند که گرمای آن در حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد است ، از این جهت فوراً اکسید دو کربن CO و اگر اکسیژن زیاده از حد باشد مقداری (CO₂) تولید میگردد . بنابراین در کوره قدری بالاتر از محور لوله های دم هوای دم از گاز های CO₂ و CO و ازوت N ترکیب یافته و هر قدر گاز بطرف دهانه کوره نزدیک شود CO₂ بتدریج زیادتر میشود و اضافه مقداری SO₂ نیز وجود خواهد داشت .

محصولات کوره و اثر ذرات - در گداز احیاء کوره بلند و اثر ذرات تقریباً چهار نوع محصول میدهد که عبارتند از :

۱ - مات - ۲ - سر باره - ۳ - اشپایس - ۴ - گاز و غبارات دود کش ، که بغیر از سر باره ، بقیه محصولات نیمه تمام شده اند که باید تحت عملیات دیگری در آیند تا اینکه مس خالص و محصولات درجه دوم بدست آیند .

مات مس ممکن است بین ۱۵ - ۵۰٪ مس داشته باشد و اضافه مقداری طلا و نقره ، ارسنیک ، آنتی موان و نیز موت به عنوان ناخالصی در بر خواهد داشت . بطوریکه گفته شده مات را بر حسب خرافیت کوره یا در پاتیل های کوچک ریخته و از سر باره جدا نموده و با اینکه آنرا در تشت بزرگی که مقابل بوته کوره قرار گرفته میزنند و در موقع لازم به دستگاه تبدیل کننده انتقال میدهند که در آن مات مبدل به مس « جوش دارو سیاه » بشود - سر باره که با مات حاصل میشود معمولاً بین ۲۵ / ۰ - ۵۵ / ۰٪ مس دارد که باید آنرا از زمین رفته حساب نمود زیرا اصولاً سر باره یک محصول بیفایده بشمار میرود

اگر چه در بعضی کارخانجات سرباره‌ها را در کناری انبار کرده به امید اینکه روزی مس محتوی آنها را باطریقۀ «تر» استخراج نموده استفاده نمایند.

اشپایس^(۱) همانطور که سولفورمس و آهن را «مات» مینامند، ارسنور و آنتی منور آهن و مس را «اشپایس» میگویند. البته وقتی این ترکیب در گداز مواد اولیه مس تولید میگردد که در آنها ارسنیک و آنتی منوان موجود باشد و درعمل تشویه کاملاً رفع نشده باشند. موقعی که سنگهای معدنی مس محتوی نیکل هستند برای اینکه نیکل در محصول گداز باقی بماند بار کوره را طوری تنظیم میکنند که اشپایس تشکیل شود زیرا این ماده نیکل را در خود جمع میکند. البته بعداً میتوان اشپایس را در مجاورت اکسیژن زیسادی تشویه نمود و در مرحله بعدی احیاء نموده و نیکل را بدست آورد.

گاز و غبارات دودکش اغلب از ذرات اصلی و تغییر نیافته مواد اولیه بار کوره تشکیل شده اند و این ذرات بوسیله جریان گازی که در درون کوره بطرف بالا و دودکش سیر میکند خارج گشته و بداخل اطاقهای مخصوص و دستگاه تنظیف غبار رفته و عاقبت از گاز جدا میشوند. بعداً میتوان ذرات را جمع آوری کرده، و بصورت بریکت در آورده، و مجدداً با بار کوره گداخت زیرا در آنها بقدر کسافی مس، طلا و نقره و آرسینک موجود است که هزینه عملیات پاك کردن و جدا کردن را تا مین نمایاند.

در گداز احیاء، اگر در بار کوره عناصر رمودی زیاد نباشند آنوقت بازده^(۲) آن بسیار خوب خواهد بود و زردود ۹۷٪ میباشد. و بقیه مس داخل سرباره شده و به دور میرود.

۴- روش گداز پیریتمیکی. در گداز پیریتمیکی حتی المقدور سعی میشود که از گرمای احتراق گوگرد و گرمای ترکیبی سیلیکات آهن استفاده شود و از مقدار سوخت اضافی که كك باشد کاسته شود. مهمترین فعل و انفعالات گرمای که در این گداز صورت میگیرند عبارتند از:



البته در اینگونه گداز مواد اولیه ای باید بکار روند که گوگرد آنها نسبتاً زیاد باشد

تا اینکه در نتیجه احتراق گوگرد گرمای لازمه بوجود آید. معذالك مشاهده شده است که برای ادامه عملیات لازم است ۱/۳ وزن بار موجود، كك اضافه نمود. شرایط ضروری در این نوع گداز عبارتند از وجود پیریت آهن، مواد سیلیس دار با سیلیس آزاد و مقدار زیادی هوا، زیرا سیلیس آزاد میتواند با اکسید آهن ترکیب شده و سیلیکات فرو بوجود آورد و گرمای لازمه را تأمین نماید.

شکل کوره که این روش گداز در آن عملی میگردد با کوره واترژاکت فرق دارد: اولاً مانند يك استوانه میباشد که قطر قاعده آن کوچکتر از قطر دهانه آن است. ثانیاً در قسمت شکم منافذ بیشتری برای دمیدن هوا تعبیه شده برای اینکه این روش احتیاج به هوای بیشتری دارد.

موقعیکه مواد اولیه از دهانه کوره بطرف شکم سرازیر میشوند عملیات خشک شدن و از دست دادن رطوبت و آب شیمیائی صورت میگیرند ولی قدری پائین تر از دهانه کوره یعنی در قسمتی که گرمای آن به ۷۰۰ درجه سانتیگراد میرسد، پیریت آهن يك ملکول گوگرد خود را از دست میدهد و بصورت $FeS_2 = FeS + S$ در میآید. باز قدری پائین تر گاز انیدرید کربنیک CO_2 که از تجزیه و تفکیک سنگ آهن که بعنوان ماده گداز آور اضافه شده تولید میگردد و در محیط درونی کوره ظاهر میشود. سوافور آهن FeS که از فعل و انفعال بالا بدست آمده در ۹۰۰ درجه سانتیگراد و در حالت گداخته قطره قطره بطرف بوته کوره جاری میگردد ولی در مسیر نزولی خود تماس با اکسیژن هوای دم پیدا کرده و تمام گوگرد خود را از دست میدهد و مبدل به اکسید FeO میشود. اکسید حاصله فوراً با SiO_2 در ترکیب در آمده و تولید سیلیکات فرو با اضافه مقداری کالوری میکند که گرمای کوره را تأمین مینماید. سیلیکات نامبرده ممکن است قدری اکسید کلسیم CaO و اکسیدهای دیگر در خود حل نموده و عاقبت بصورت سرباره تمام عیاری در آید.

البته تمام FeO نباید بسوزد و از بین برود زیرا مقداری از آن لازمست که با سوافور مس Cu_2S ترکیب شده و تولید « مات » بنماید.

روش گداز پیریتیکی در نقاطی بکار میرود که سنگهای معدنی مس و مواد اولیه

موجود برای اینگونه گداز مناسب باشد؛ مثلاً اگر سنگ معدنی در حدود ۲۰٪ مس داشته باشد و مقدار زیادی پیریت طلا و نقره دار موجود باشد که گداز آن مقرون بصرفه باشد این طرز گداز بکار میرود و در نتیجه مات فقیری (در حدود ۲۰٪ مس) نتیجه میشود که قبل از تبدیل آن بمس «جوش دار و سیاه» باید مجدداً در کوره وانر ذاکت گذاخته شود و به مات غنی تری تبدیل گردد.

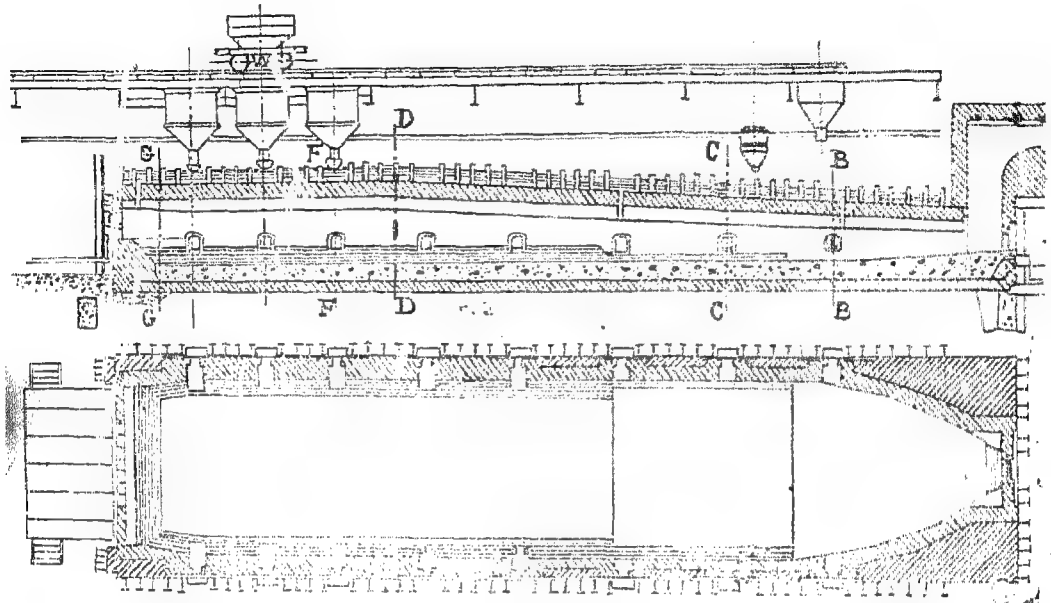
۳- روش گداز نیمه پیریتیکی - این طریقۀ وقتی بکار میرود که مواد اولیه مس بشکل توده های بزرگ (ماسیف) نبوده ولی مقدار زیادی پیریت آهن در کنار سنگ مس بطور پراکنده موجود باشد. البته این نوع مواد اولیه بمقدار کافی گوگرد ندارند که کاملاً از سوخت اضافی مستغنی باشند؛ بدینجهت در گداز آنها مقدار ۸ - ۱۰٪ وزن بار، کک اضافه می کنند که گرمای لازم را تأمین نماید.

کوره شعله (روبر) - کوره شعله ای برای مواد اولیه مسی بکار میرود که بصورت گرد و ذرات بوده و در نتیجه عملیات «آرایش و نپیه» بدست آمده باشند. در این کوره، سوخت که کاملاً از بقیه مواد بار کوره مجزا است، فقط گرمای لازم را تأمین می کند و دخالتی در احیاء و عملیات شیمیائی که در درون کوره وقوع می یابد نمیکند؛ زیرا احیاء مس از سنگهای معدنی و تمرکز یافتن آن در مات در اثر فعل و انفعالاتی است که بین $Cu-S$ و Cu_2O صورت میگیرد و میباشد از این جهت مواد بکدر کوره شعله گذاخته میشوند باید دارای ترکیبی باشند که چندان احتیاج به مواد کمالات نداشته زیرا همیشه مقداری از سیلیس آجرهای پوشش درونی کف کوره خورده شده و شرکت در عملیات تشکیل سرباره میکنند.

کوره شعله باید سوخت ارزان و زیادی داشته باشد. سوخت چه زغال سنگ نرم و خاکه و چه نفت سیاه در اطاق سوخت محترق گشته و گرمای برآوردنی از سقف و دیوارهای جنبی کوره بطرف قاعده و کف آن منعکس شده و گرمای لازم را به موادیکه باید گذاخته شوند میرساند. چون در کوره شعله دم بالا نمیرود لذا هوای درونی کوره نسبتاً ساکن و آرام است و چون اکسیژن هوا دخالت در فعل و انفعالات شیمیائی نمیکند لذا وظیفه کوره گذاختن مواد اولیه است و پس

اینک بشرح ساختمان کوره میپردازیم.

کوره شعله‌ای که در گداز مس بکار می‌رود شباهت زیادی بکوره شعله‌ای که



شکل (۱۶۲) آخرین و مدرن ترین نوع کوره شعله گداز مس

جهت تشویه مواد معدنی بکار می‌رود دارد، جز اینکه چون در اینجا شدت گرما باید زیاد باشد لذا مصالحیکه در ساختمان کوره مخصوصاً در قسمت کف و قاعده آن بکار می‌رود باید از نوع بهتری باشد که بتواند از طرفی تحمل گرما و از طرف دیگر اثرات زیان بخش و خورنده سرباره‌ها را بکند. کوره از دو اتاق یکی موسوم باتاق سوخت و دیگری باتاق گداز تشکیل شده و مساحت اتاق دومی چندین برابر اتاق سوخت است. البته در صورتیکه سوخت مایع از قبیل نفت سیاه و غیره بکار رود دیگر احتیاجی باتاق سوخت نبوده زیرا مشعل‌ها را میتوان در جدار عرضی کوره کار گذاشت. کف اتاق گداز باید کاسه‌وار باشد تا اینکه مواد گداخته در آن جمع شوند. اصولاً کوره را روی اساس بتون مسلح و با سرباره گداخته که در محل منجمد شده بالا می‌آورند. کف کوره را از آجرهای نسوز اعلا که هم در برابر گرما و هم در برابر اثرات تباه کننده سرباره مقاومت میکنند می‌پوشانند. آجرهای نسوزیکه بدین منظور بکار می‌روند باید فشرده و محکم باشند که بتوانند فشار وزن مات مس را در گرمای

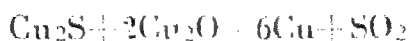
عالی متحمل شوند و از هم متلاشی نگردند. روی آجرهای پوشش کف کوره مقداری شن و ماسه تکلیس شده میریزند و این ماده باید بیش از ۹۵٪ محتوی SiO_2 باشد. بعد از اتمام ساختمان کوره آتشی در داخل آن روشن نموده و روشن شدن شکل مذبت چقدر و زوی آنرا خشک میکنند. پوشش سطح درونی کوره بر حسب نوع مواد بیکه در آن گذاخته میشود ممکن است سیلیسی، مائیزیسی و یا کرومیتی باشد ولی نوع اخیر را معمولاً در فصل مشترکات و سر باره کار میگذارند تا مانع خورده شدن راز بین رفتن آنها گردد. سقف کوره را باید طوری ساخت شود که بتواند گرمای پرتویی و شعاعه را بطرف کف و قاعده کوره منعکس نماید و مصالحی که در ساختمان آن بکار میرود اعتبار آنند از آجرهای سیلیسی به ضخامت $0/30 - 0/40$ متر.

بازگویی کوره - سابق بر این که کوره های شعاعه ای چندان دراز نبود، عمل باز گیری یا از درهای اطراف و یا از درون قیفها بیکه روی سقف آن نزدیک به پل آتش قرار گرفته انجام میگرفت، پس از آنکه مواد از درون قیفها وارد کوره میشد آنرا بوسیله پارو ها، بادست روی سطح کف کوره گسترانیده تا این عمل باعث شود که گرمای کوره برای مدتی باین رود. در کوره های امروزی که طول آنها گاهی اوقات به $35 - 45$ متر میرسد دیگر باردادن بطریق بالا میسر نیست و باز را از دیوارهای جلویی کوره بداخل آن وارد میکنند، از اینجهت در فاصله های معین در دیوارهای جلویی سوراخهایی موجود اند که از درون آنها مواد اولیه تکلیس شده گرم گرم بکوره داده می شود. گاهی اوقات در این سوراخها آلت باردهی مخصوصی که مواد نرم باز را بدرون کوره تزریق میکند قرار گرفته است.

فعل و انفعالات شیمیائی در کوره شعاعه ای - بطوریکه گفته شد کوره شعاعه فقط کوره گداز است و در آن نه سوخت و نه اکسیژن هوا دخالتی دارند. بنابراین هر فعل و انفعال شیمیائی که وقوع مییابد بین عناصر ترکیب کننده باز کوره است. باز کوره را مخلوطی از مواد اولیه سولفات - اکسید - سولفور - ارسنور و غیره بنسبتهای مختلف تشکیل میدهد.

احیاء اکسید مس Cu_2O در 500 درجه سانتی گراد آغاز و در 1000 درجه خاتمه

می یابد . واکنش های مهم از این قرارند :



عنصر مس که طبق فورمولهای بالا آزاد میگردد فوراً بوسیله پیریت آهن سولفورده شده و با پیریت در ترکیب در آمده و تولید مات میکند .



اکسیدهای مس که احیاء نگشته اند نیز سولفوریزه میشوند و کمک به تشکیل مات مس می نمایند .



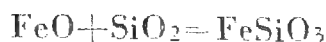
اگر مقدار سیلیکات مس در مواد معدنی موجود باشد که در حین فعل و انفعالات بالا تولید گشته است سولفوریزه شده و تشکیل مات میدهد .



اکسید آهن که بصورت هماتیت در بار موجود است طبق رابطه های زیر احیاء میگردد و بشکل آهن فرو درمی آید .



حال اکسید فروی حاصله با سیلیس در ترکیب در آمده و سرباره را بوجود می آورند .



عناصر دیگر از قبیل روی - سرب - آرسنیک - انتی موان که در باره کوره وجود دارند ، قسمتی از آنها متصاعد شده و فرار میکنند و قسمتی دیگر به داخل مات

میروند و همچنین عناصر بها دار از قبیل طلا و نقره و طلای سفید درمات حل شده و در آن باقی میمانند .

محصولات کوره شعله‌ای عیناً مانند محصولات کوره بلند و اثر ژاکت عبارتند از از : مات - سر باره - اشپایس و گاز و عبارات دود کش . مات حاصله ممکن است بین ۱۵ - ۵۰٪ مس داشته باشد و مقدار در صد مس محتوی بستگی به طرز تشویه قبلی مواد اولیه و نوع گداز آنها دارد . سر باره که از کوره شعله‌ای خارج میشود مقدار بیشتری مس از سر باره کوره و اثر ژاکت که ذکر آن رفت دارد . بدلیل اینکه در اینجا سر باره دیگر فرصت کافی برای جدا شدن از مات را ندارد .

نظر باینکه گازی که از کوره شعله متصاعد میشود دارای گرمای بسیار زیادی است و شاید درجه گرمای آن در حدود ۱۲۰۰ سانتی گراد باشد لذا مقداری از این گرما باید بمصرف تولید بخار برسد و پیهوده تلف نگردد .

البته باید گاز را قبلاً پاک کرد و الا پس از مدت کوتاهی کثافات و غبار لوله‌ها را گرفته و از طرفی گازهای گوگرد دار لوله‌های پولادی دیگهای بخار را خورده و سوراخ کرده و از حیز انتفاع میاندازد .

مرحله دوم - تبدیل مات مس به « مس سیاه » یا مس « جوش دار »

این عمل را با انگلیسی *Converting* و به فرانسه *Convertissage* مینامند و آن عبارت است از دمیدن هوا بشکل حباب‌های بسیار ریز در درون مات گداخته و مایع که در ظرف مخصوصی موسوم به دستگاه تبدیل کننده قرار گرفته است . گوگرد موجود در مات اکسید شده و بشکل گاز SO_2 از دهانه دستگاه متصاعد میگردد و بخارج میرود . سولفور آهن FeS نیز به FeO اکسید شده و در این حالت با سیلیس SiO_2 در ترکیب درآمده تولید سر باره مینماید، در صورتیکه اکسید سولفور مس Cu_2O و Cu_2S با یکدیگر در فعل و انفعال درآمده، مس فلزی آزاد گشته و SO_2 متصاعد میگردد .

اکسیداسیون آهن و گوگرد و گرمای ترکیبی سیلیکات آهن $FeSiO_3$ بقدری گرما تولید میکنند که برای فعل و انفعالات شیمیائی که باید در داخل دستگاه تبدیل کننده صورت گیرد کافی بوده و به علاوه محتویات دستگاه را همچنان در حالت گداخته

نگاه می‌دارد.

پوشش درونی دستگاه تبدیل‌کننده ممکن از مواد نسوز اسیدی و یا قلیائی باشد و البته نوع اخیر بیشتر معمول است. تبدیل‌کننده‌ها بر حسب شکل ظاهری و درونی به دو نوع تقسیم میشوند:

۱- نوع قائم و ایستاده ۲- نوع افقی. اینک بشرح مختصر آنها می‌پردازیم:

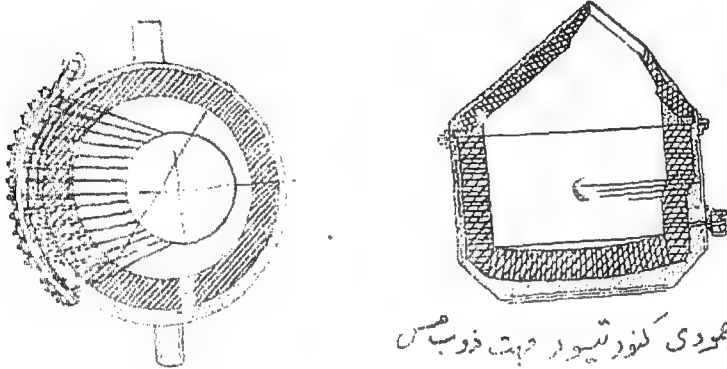
۱- تبدیل‌کننده قائم - تبدیل‌کننده قائم که در امر یک‌م معروف به Great falls میباشد، ظریفی است استوانه‌شکل که قسمت دهانه آن بشکل مخروط ناقص درآمده است. تمام دستگاه از ورق‌های کلفت پولادین که در ساختمان دیگ‌های بخار مصرف میشود ساخته شده و درون آن بطوریکه از اشکال (۱۶۳ و ۱۶۴) دیده میشود، از قشر کلفتی از مواد نسوز پوشیده شده است.

تبدیل‌کننده که حول یک محور افقی میتواند تا ۶۵ درجه در دو جهت بچرخد از چهار قسمت تشکیل شده که عبارتند از: ۱- دهانه ۲- قسمت وسط ۳- قسمت تحتانی و ۴- قسمت قاعده. بقسمه یک که دو قسمت فوقانی میتواند بکلی از قسمت قاعده جدا شوند. نزدیک محور افقی که حول آن تمام بدنه دستگاه حرکت میکند صندوق باد قرار گرفته و از درون آن چندین لوله کوچک بدخل جدار جنبی دستگاه وارد میگردد در شکل (۱۶۴) یک دستگاه تبدیل‌کننده کوچک دیده میشود که که میتواند بین ۵ الی ۸ تن مات مس را تبدیل به مس سیاه جوشدار بنماید.

معمولاً موادیکه پوشش درونی تبدیل‌کننده‌های قائم را تشکیل میدهند مواد نسوز اسیدی میباشد.

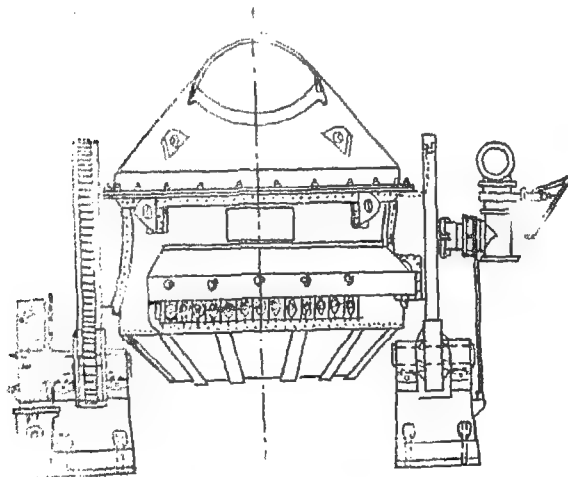
۳- تبدیل‌کننده افقی - دستگاه افقی از استوانه پولادی تشکیل شده که بطور افقی قرار گرفته و در وسط دهانه آن میباشد که بشکل مخروط ناقص بوده و از صفحات ضخیم پولادین ساخته شده و جدار داخلی آن از مواد نسوز پوشش یافته است. در دو انتهای بدنه حلقه‌هایی تعبیه شده که روی چهار استوانه قرار گرفته و وزن تمام دستگاه را متحمل میشوند. در یک طرف دستگاه چرخ دنده‌های متعددی برای چرخاندن دستگاه جهت پر کردن از موادیکه باید در آن عمل شوند، کار گذارده شده است. در جاوی دستگاه و روی بدنه

يك اتاق مكعب مستطیل شكلی ساخته شده كه موسوم به صندوق باد است زیرا از این صندوق چندین لوله های دم بدرون دستگاه متصل میشوند. تبدیل كننده افقی را معمولاً در ظرفیت های بزرگتری از نوع قائم میسازند: مثلاً دستگاهی بقطار ۴/۵ متر و ارتفاع ۱۰ متر و ۴۱ لوله باد نسبتاً اندازه معمولی است. ظرفیت دستگاه نامبرده برای مات ۴۰



برش عمودی كنورشیور جهت فروبستن

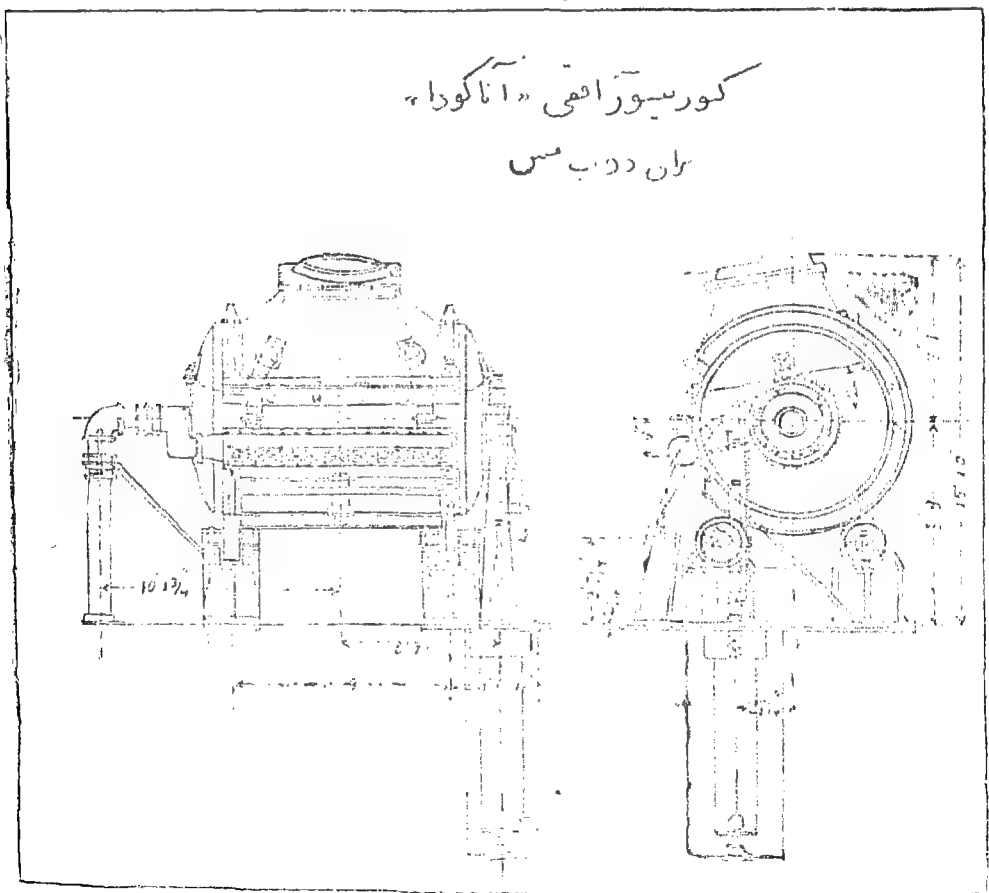
شكل (۱۶۳) برشهای عمودی و افقی يك تبدیل كننده قائم



شكل (۱۶۴) نمای عمودی يك تبدیل كننده قائم

درصد مس در حدود ۱۱۰ الی ۱۲۵ تن میباشد. چون در موقع دمیدن شعله بلند و غبار و ذرات و جرقه های زیادی از درون تبدیل كننده ها بخارج پراكنده میشود و فضای كارخانه را خراب میکند لذا روی دهانه هر کدام كازهكی میگذارند كه به دود كش متصل است.

پوشش درونی تبدیل کننده ها - پوشش درونی تبدیل کننده چه افقی و چه قائم ممکن است از مواد نسوز اسیدی و یا قلیائی باشد. اگر مواد اسیدی بکار رود باید طوری باشد که محتوی مقدار زیادی SiO_2 آزاد و محکم باشد تا اینکه سر باره نمودن FeO حاصله ممکن باشد. مواد سیلیس دار را خورد و ذره ذره نهوده و با مقدار کمی خاک رس مخلوط کرده و سپس جدار درونی دستگاه را از این مخلوط میپوشانند سابقاً معمول بر این بود که سنگ چقماق یا کوارتز خالص را نرم کرده و با گل رس مخلوط می نمودند ولی فعلاً شن های طلا دار و مواد سیلیسی که دارای مقادیر جزئی فلزات قیمتی میباشند بکار میبرند. زیرا بدین وسیله فلزات گران بهار را بداخل مس جوشدار



شکل (۱۶۵) نمای قائم و جنبی یک دستگاه تبدیل کننده افقی

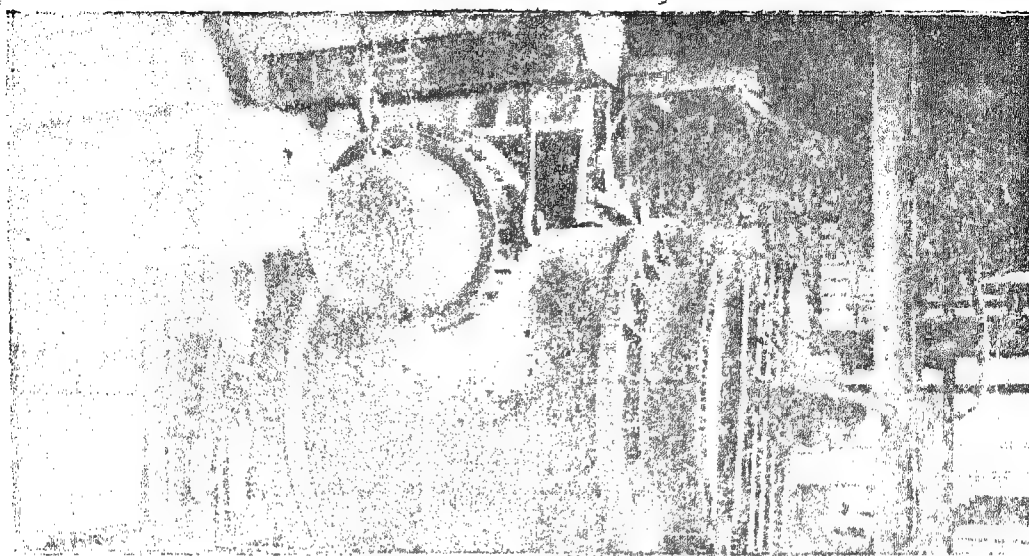
کرده و بعداً در حین تصفیه مس بوسیله تجزیه الکتریکی آنها را نیز آزاد نموده و بدست میآورند.

البته پوشش اسیدی خیلی زود خورده شده و خراب میگردد و پس از هر ۶ تا ۹ گداز باید آنرا عوض کرد. این عوض کردن متوالی باعث گردیده که مواد نسوزی متعددی جهت اینکار تحت آزمایش قرار گیرند و از همه بهتر آجرهای مانیزیتی از امتحان درآمده اند؛ از این جهت دستگاه را اغلب از مواد نسوز قلیائی پوشش میکنند. در پوشش قلیائی آجرهای مانیزیتی که کلفتی آنها از ۰/۲۵ - ۰/۶۰ متر تغییر میکند در درون تبدیل کننده مرتباً چیده و سطح درونی را باین طریق میپوشانند.

در موقع دمیدن باد متراکم بدرون مات مقدار معتدلی F_3O_4 تشکیل میگردد؛ مانیتیت نامبرده بدرون ترك و شكافهای آجرها رفته و سطح آنها را كاملاً میپوشاند و يك لایه نازك محافظت ایجاد میکند و بدین طریق دوام و عمر زیادی به پوشش درونی میدهد.

دستگاهی که بامواد قلیائی و آجرهای مانیزیتی پوشیده شده مدت یکماه بآنکه بیشتر عمر میکند بدون اینکه نیازمندی به ترمیم و تعمیر داشته باشد و چون مواد قلیائی دارای مزایای بیشتری از مواد اسیدی میباشد لذا اسیدی متروك گشته و فعلاً در همه جا پوشش درونی تبدیل کننده ها را با آجرهای مانیزیتی میسازند.

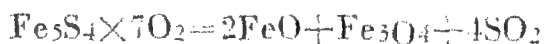
طرز عمل تبدیل مس مات به مس جوشدار - ابتدا باید دستگاه تبدیل کننده را بوسیله آتش گرم کرد و بعداً در حدود ۶۰۰ درجته و ۶ تن سنگ کوارتز خورده شده بدرون آن ریخت؛ سپس اسوله های باد را بتدریج باز کرده و دستگاه را از وضع بارگیری بوضع قائم برگردانید تا اینکه مات مس روی لوله های دم را ببینید. در حدود نیم ساعت پس از دمیدن باد به درون مات گداخته، سرباره ترکیب میشود و روی سطح مات بالا میآید. این سرباره را باید بیرون آورد؛ جهت اینکار بدنه دستگاه را چرخانیده تا اینکه تمام سرباره بتواند از دهانه دستگاه بخارج بریزد. پس از آنکه مقداری سرباره بخارج ریخته شد باز مقداری مات گداخته و سنگ کوارتز مخلوط با شن طالا دار اضافه میکنند و به عمل دمیدن ادامه میدهند. این عمل بهمین منوال ادامه دارد تا اینکه تمام ظرفیت دستگاه پر شود؛ سپس عمل دمیدن را آنقدر ادامه



شکل (۱۶۶) دستگاه تبدیل کننده در حالت بردن از مات مس گداخته

میدهند تا اینکه مس جوشدار ترکیب شده و بدست آید .

فصل و انتعالات شیمیائی در دستگاه تبدیل کننده - به مجرد اینکه هوا از لوله‌های دم بدرون توده فلز گداخته داخل شد گوگرد اکسیده شده و بشکل گاز SO_2 متصاعد گشته و از دهانه دستگاه خارج میگردد، بعداً اکسید آهن مقناطیسی Fe_3O_4 که بعنوان غشاء محافظی روی آجرهای مانیزیتی پوشش درونی دستگاه میبشد تولید میگردد



اکسید آهن ساده یعنی FeO با مقداری سیلیس در ترکیب درآمده و سرباره بوجود میآید و ضمناً گرمای لازمه را تأمین میکند .



واکنش بالا همچنان ادامه دارد تا اینکه کلیه آهن موجود در مات اکسیده شود

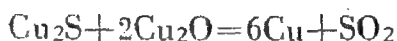
و سرباره برود و دستگاه فقط محتوی Cu_2S (فلز سفید) باشد

در آغاز دمیدن سرباره برنگ سبز است ولی درموقع تمام شدن آهن ، رنگ

شعله مبدل به آبی کم رنگ میگردد . پس از اینکه تمام آهن اکسیده شدو به سر باره رفت هوای دم بر روی Cu_2S اثر کرده و انرا طبق فورمول زیر اکسیده میکنند



سپس سولفور و اکسید مس روی یکدیگر عمل کرده و « مس جوشدار » بوجود میآید .



این عمل تا وقتی ادامه دارد که کلیه گوگرد موجود در مات و بعداً در Cu_2S (فلز سفید) از بین برود ولی عمل دمیدن نباید طوری باشد که مس از اکسید خود یعنی Cu_2O اشباع گردد .

محصولات دستگاه تبدیل کننده عبارتند از:

۱ - مس سیاه یا مس جوشدار^(۱) که محتوی مقداری Cu_2O ، طلا ، نقره ، آنتی موان و آرسنیک میباشد .

۲ - سر باره که محتوی ۱ - ۷٪ مس میباشد . البته این سر باره باید بعنوان یکی از مواد اولیه در بار کوره منظور شود و یا مجدداً بداخل دستگاه تبدیل کننده عودت داده شود و ذوب گردد .

افت دستگاه بین ۱ - ۳٪ میباشد و بیشتر بشکل گرد و غبار از دهانه آن خارج شده و به دود کش میرود که باید با وسائلی که بعداً گفته خواهد شد جمع آوری شده و از اتلاف آنها جلوگیری بعمل آید

تصفیه مس

مرحله سوم و آخری در استخراج مس عملیات تصفیه میباشد ، زیرا مس سیاه و جوشداریکه از دستگاه تبدیل کننده بدست میآید بقدری عناصر هودی و ناخالصی در بردارد که نمیتوان آنرا مستقیماً در کارهای مختلف صنعتی که احتیاج بمس خالص دارند بکار برد و مورد استفاده قرار داد .

ترکیب شیمیائی « مس جوشدار^(۱) » در این حدود است .

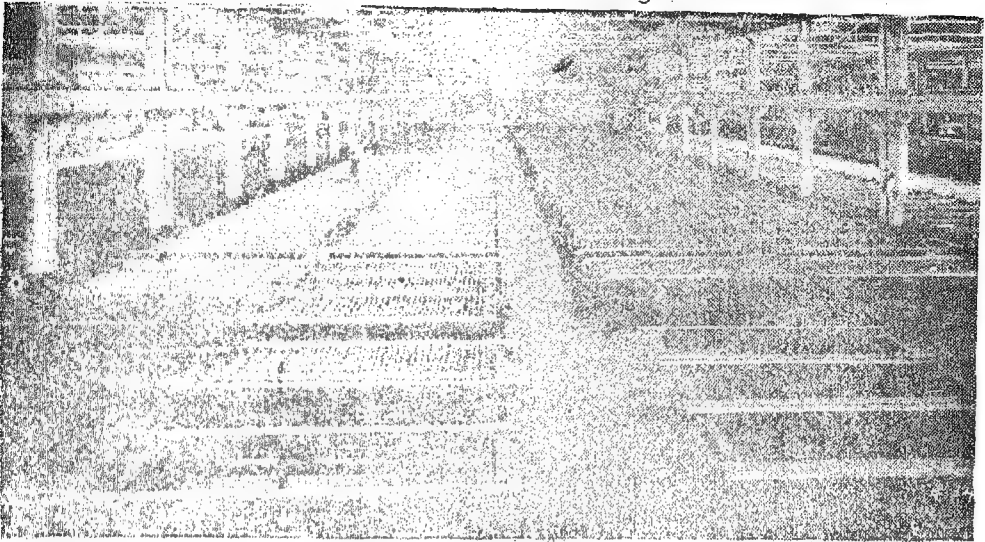
مس ۹۸/۴ - ۹۹/۵٪ ؛ طلا ۳ - ۶۳ گرام در تن ؛ نقره ۷۵ گرام - ۳/۴ کیلو در تن
آرسنیک ۰/۰۰۴ - ۰/۱۰٪ ؛ آنتی موان ۰/۰۰۲ - ۰/۰۱۷٪ ؛ سرب ۰/۰۰۱ - ۰/۰۱۵٪

نیکل ۰/۰۰۵ - ۰/۰۴۱؛ روی ۰/۰۰۳ - ۰/۰۱۲؛ آهن ۰/۰۳ - ۰/۰۲۵؛ گوگرد ۰/۰۶ - ۰/۰۲۵؛ بعلاوه مقداری اکسید مس Cu_2O ولی اگر مقدار آن از ۰/۰۴ تجاوز کند مس را کاملاً شکننده و سخت کرده و آنرا بکلی از حیز انتفاع میاندازد. برای اینکه مس عاری از اینگونه ناخالصیها بشود و خواص فیزیکی و مکانیکی عالی داشته باشد باید آنرا تصفیه کرد. سابق بر این عمل تصفیه فقط منحصر به تصفیه آتشی بود ولی امروز اغلب مس تجارتنی و صنعتی از طریق تصفیه الکتریکی یا الکترولیز بدست میآید. اینک بشرح هر دو طریقۀ میبردازیم.

تصفیه مس بوسیله آتش - کوره تصفیه عبارت از يك كوره شعله (روربر) كوچك میباشد كه اطاف گداز آن بیضی شكل و كف آن از آجر نسوز كه روی آن يك طبقه شن كوبيده شده است پوشیده شده. قطعات مس جوشدار را از درب جانبی كوره بداخل كرده، سپس گرما را بتدریج زیاد كرده تا اینکه مس جوشدار گداخته و ذوب گردد. سپس مقدار کمی هوای درونی كوره را زیاد كرده و اغلب ناخالصیهای موجود از قبیل روی، سرب، و آنتی موان و آرسنیک را بوسیله اكسیداسیون و تبخیر بر طرف ساخته و متصاعد نمایند؛ وای ناخالصیهای دیگر از قبیل مانگانیز، آهن، سرب، بزموت و قدری مس را بشکل اكسید، روی سرباره آورده و بعداً خارج میكنند. برای اینکه عمل اكسیداسیون ناخالصیها بسرعت زیاد انجام یابد باد متراکم را بوسیله لوله ایكه بداخل مواد گداخته قرار گرفته میدمند و در آن واحد سطح مواد مذاب را بوسیله پارو بهم زده تا اینکه اكسیژن هوای خارج هم بدرون فلز مذاب برود. عملیات بالا در مدت ۶-۸ ساعت بطول میانجامد، آنگاه مرحله داخل كردن تنه درخت فرا میرسد. منظور از این عمل این است كه از مقدار اكسید Cu_2O كه بوسیله دمیدن هوای متراکم تولید شده كاسته شود و رفته رفته مس نزدیک به صد درصد خلوص حاصل شود.

در این موقع سطح توده گداخته را از سرباره پاك كرده، در بها را كاملاً بسته و گل گیری نموده و بعد از در پیچه چند تنه درخت سبز بقطر ۱۵-۲۵ سانتیمتر و بطول ۵-۸ متر، بداخل كرده و بدرون توده مس جوشدار گداخته فرو میبرند و مدتی نگاه میدارند. گرمای كوره در این موقع بحدی میباشد كه تنه های درخت را تبدیل به « ذغال چوب نیم سوخته » مینماید و در

عوض مقداری بخار آب H_2O ؛ اکسید دو کربن CO و هیدروژن و هیدروکربورهای مختلف بیرون میدهد. گازهای نامبرده اکسیدهای مس را که عبارتند از Cu_2O و CuO احیاء نموده و تبدیل به مس خالص آزاد مینمایند.



شکل (۱۶۷) نمای کارخانه الکترولیز مس بطریقه مضاعف

خاتمه عملیات از روی شکل و رنگ مقطع نمونه قضاوت میشود و وقتی که مس خالص کاملاً «رسیده» شد منفذ خروجی کوره را باز کرده و آنرا در قالب های مختلف بر حسب مصرف میریزند. درجه گرمای ریختن مس خالص در قالب باید نسبتاً پایین باشد زیرا اگر مس خیلی گرم باشد در قالب بالا آمده و تمام آنرا پر نمیکند.

امروزه در بسیاری از کارخانجات بزرگ تصفیه مس، قالب ریزی بوسیله ماشین انجام میگردد. در این جا باید متذکر شد که در این تصفیه البته نمیتوان طلا و نقره ای که در مس موجود است بیرون آورد و در تصفیه آتشین فلزات نامبرده در مس باقی میمانند از این جهت برای آنکه: اولاً مس خالص تری بدست آید و ثانیاً طلا و نقره موجود در مس را استخراج نمایند طریقه «تصفیه الکتریکی» وضع گردیده است.

تصفیه الکتریکی یا الکترولیز مس - مقصود از تصفیه الکتریکی دو چیز است: اول دفع ناخالصیها و بدست آوردن مس خالص تجارتمی که عیار آن نزدیک به صد در

صد باشد.

دوم استخراج فلزات گران بها از قبیل طلا و نقره که در مواد اولیه مس طبیعتاً موجود بوده و یا اینکه در مواد گداز آوری بوده که عمداً با بار اصلی کوره مخلوط شده است.

بطوریکه گفته شد در طریقه تصفیه با آتش اولاً نمیتوان مس زیاد خالص ساخت و ثانیاً فلزات قیمتی همچنان در مس باقی میمانند و در خرید و فروش مس قیمتی برای آنها قائل نمیشوند.

طریقه الکتریکی بر اصول و دستورات کلی الکترولیز استوار گشته و بطور ساده عبارت است از حل کردن مس در محلول اسید سولفوریک و تشکیل کات کبود CuSO_4 و تجزیه و تفکیک الکتریکی آن.

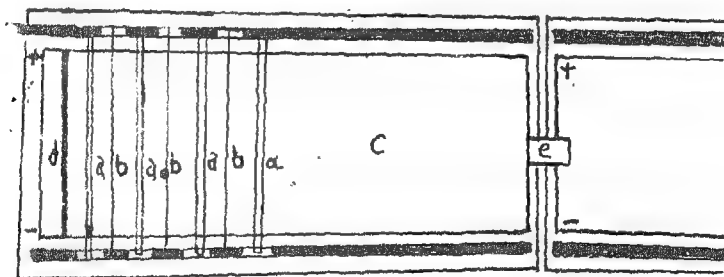
هرگاه سولفات مس را در اسید سولفوریک رقیق H_2SO_4 حل کنند، سولفات باجزاء متشکله بایونهای $(\text{Cu})^{(1)}$ و (SO_4) تجزیه و تفکیک میگردد. حال اگر یک جریان برق خفیفی در این محلول عبور داده شود هر یک از یونها طبق بار الکتریکی که دارد تقسیم شده و هر کدام بطرفی میرود: مثلاً سولفات SO_4 چون دارای یون منفی است بطرف قطب مثبت جذب میشود و روی سطح «انود» بار الکتریکی خود را از دست میدهد در صورتیکه یونهای مس Cu چون حامل بار الکتریکی مثبت هستند بطرف قطب منفی یعنی «کاتود» جذب شده و بار خود را روی آن قطب میگذارند و بصورت ذرات مس خالص مترسب میگرددند.

در عمل، انود که عبارت است از قطعه مس ناخالص و کاتود که عبارت است از یک قطعه مس صد درصد خالص در حوضی که محتوی محلول سولفات مس و قدری اسید سولفوریک آزاد است آویزان میباشد. در نتیجه عبور جریان الکتریسته از درون حوض، مس از انود خالص شده، وارد محلول گشته و از محلول روی کاتود مینشیند. در این بین ناخالصیهای موجود در انود یا روی قطعه مس ناخالص خورده

شده و همچنان باقی میمانند و یا اینکه داخل محلول گشته و بشکل ذرات غیر قابل حلی در میآیند آنچه بر روی سطح انود باقی میماند بعداً در ته حوض رسوب کرده، ته نشین شده و بشکل لجن^(۱) در میآیند.

الکترولیز مس و تصفیه آن درد و طریق انجام میگیرد: ۱- طریقه مضاعف^(۲)
۲- طریقه پی در پی^(۳) و چون به دلائل و جهاتی طریقه مضاعف عملی تر از طریقه پی در پی میباشد لذا اغلب کارخانجات تصفیه مس که مجهز بدستگاه الکترولیز میباشند نوع مضاعف را بکار میبرند. اینک بشرح هر يك از آنها می پردازیم:

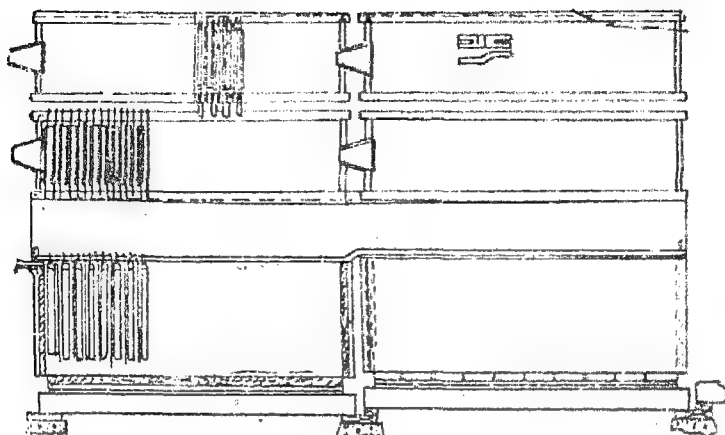
طریقه مضاعف یا (پارالل)^(۲) - در این طریقه انودها و کاتود ها که هر دو در حوض الکترولیز آویزان میباشند بطور مضاعف یکدیگر متصل هستند. نیروی الکتروسته، در شدت و اختلاف سطح مناسب بحوض الکترولیز هدایت شده و از انود عبور کرده داخل محلول کات کبود گشته و بعداً به داخل کاتود میرود و بدین شکل فلز مس ناخالص را از انود حل کرده و مجدداً بحالت خالص روی سطح کاتود مترسب میکند. عناصر غیر قابل حل در حوض ته نشین گشته و معروف به لجن انود^(۴) میباشند. در نتیجه این تجزیه الکتریکی بتدریج بر ضخامت «کاتود» افزوده میشود. لذا پس از هر چند مدت کاتود ها را از حوض بیرون آورده و مس خالصی که روی آنها نشسته



شکل (۱۶۸) طرز اتصال انود و کاتود در حوضهای الکترولیز

جدا مینمایند و کاتود اصلی را مجدداً در حوض آویزان میکنند. انودهای حل و خورده شده را از حوض خارج کرده، شسته و بعداً دو مرتبه در کوره انود ریزی گذاشته

وانوذهای تازه میریزند



شکل (۱۶۹) نمای قائم واقعی حوضهای الکترولیز و طرز اتصال آنود و کاتود

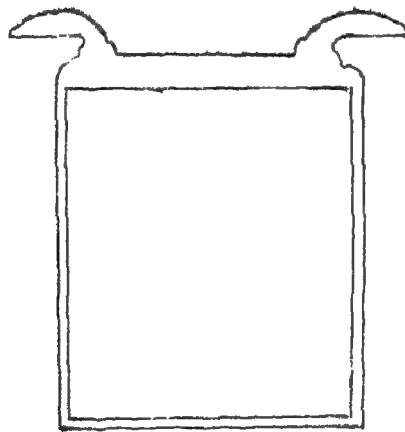
اثرات و رفتار ناخالصیها - مهم‌ترین و مودنی‌ترین عناصری که در مس جوشدار که از دستگاه تبدیل کننده حاصل میشود و در طریقۀ مضاعف تصفیه الکتریکی میگردد عبارتند از آرسنیک ، آنتی موان ، بیسموت ، سرب ، طلا و نقره ارسنیک . در حین تجزیه الکتریکی از مس انود جدا شده و در محلول سولفات مس مبدل به As_2SO_4 و به شکل اکسید As_2O_3 بداخل اجن حوض ته نشین میشود . از اینجهت باید مقدار ارسنیک در محلول الکترولیت کمتر از ۱/۲۵٪ باشد ، زیرا مشاهده شده است که اگر هر آینه اختلات سطح به ۳۵٪ ولت و شدت جریان در حدود ۱۵ - ۲۰ آمپر در فوت مربع باشد ؛ و مقدار آرسنیک در محلول الکترولیت به ۰/۲٪ برسد آنوقت عنصر مزبور با مس روی کاتود مترسب میشود یعنی داخل مس شده و از خلوص آن میکاهد . آنتی موان عیناً مانند ارسنیک عمل میکنند ولی قدری دیر تر مترسب میگردد اما برعکس بیسموت زودتر از آرسنیک رسوب میکند و بداخل مس خالص کاتود میرود ولی خوشبختانه مقدار آن در مواد معدنی مس چندان زیاد نیست لذا معمولا در حالتی در جریان عمل الکترولیز نمیکند .

سرب تبدیل به سولفات سرب $PbSO_4$ شده و چون در محلول الکترولیت کاملاً غیر قابل حل است ته نشین شده و «با اجن انود» مخلوط میشود .

طلا و نقره نیز چون در محلول الکترولیت غیر قابل حل هستند بداخل لجن انود رفته و ته نشین میگردند.

انود - Anode پس از آنکه مس سیاه و یا جوشدار را از دستگاه تبدیل کننده بدست آوردند آنرا در کوره شعله کوچک «انود» سازی گداخته و بوسیله تنه درخت عمل «پرشارژ» را انجام میدهند تا اینکه اکسیژن و SO_3 موجود در آن کم گردد، بعداً آنرا در قالب های انود شکل زیر ریخته و به کارخانه تصفیه الکتریکی میفرستند. اندازه و ابعاد انود تاحدی مربوط بوسائل و تجهیزات کارخانه تصفیه میباشد.

ابعاد انود ممکن است در حدود $0/75$ متر طول، $0/60$ متر عرض، $2/5$ سانتی متر کلفتی و وزن 100 کیلو گرام باشد و یا اینکه $0/9 \times 0/9$ بوده و وزن 320 کیلو گرام در آید.



شکل (۱۷۰) برش قائم يك انود

انودها را بوسیله جر انتقال متحرك بداخل حوض های الکترولیز داخل کرده و لبه آنها را روی میله های اتصال الکتریکی قرار میدهند. انود باید بطوری ریخته شده باشد که تمام آن در حوض بطوریکنواخت و بتدریج حل و خورده شود زیرا اگر یکنواخت حل نگردد افت آن زیاد خواهد بود. يك انود با اندازه های بالا و بکافتی $1/4 - 5$ سانتی متر باید در حدود 64 الی هفته خورده و حل شود.

ترکیب شیمیائی آن بر حسب عمل دستگاه تبدیل کننده و گداز در کوره انود

ریزی تغییر میکند ولی نباید مقدار مس محتوی کمتر از ۰.۹۵٪ باشد و بعلاوه تا خالصیهای زیادی در بر نداشته باشد و اگر نه عمل تصفیه الکتریکی خوب انجام نخواهد گرفت. بطور متوسط آنچه از انود باقی میماند که بایستی مجدداً در کوره انودریزی گذاخته شود بایستی بین ۸-۱۰٪ وزن اصلی آن باشد و نباید از ۱۵٪ وزن تجاوز کند.

کاتود - Cathode - کاتود یا صفحات آغاز کننده عبارت از یک صفحه نازک مس خیلی خالص است که بیک میله مسی بوسیله دو قلاب عریض وصل شده و در حوض الکترولیز بین هر دو عدد انود معلق میباشد. ابتدا سطح کاتود را روغن زده و قدری گرافیت بسیار نرم روی آن میباشند. کالفتی صفحه آغاز کننده یا «کاتود اصلی» در حدود ۶ میلیمتر است ولی طول و عرض آن قدری کمتر از طول و عرض انود ها میباشد.

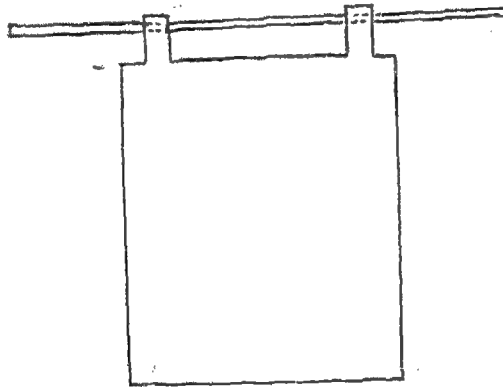
پس از ۷-۱۴ روز، کاتودها را از بین انود ها بوسیله جر ائقال متحرک از درون حوضها بیرون آورده و لابه مس خالصیکه روی آنها در حوض نشسته و رسوب کرده بادست جدا میکنند و پس از نظافت و بازرسی، صفحات آغاز کننده را از نو استعمال میکنند کاتودهاییکه باین قسم بدست آمده مجدداً در کوره شعله گذاخته شده و مس خالص را باشکالیکه در بازار مورد نیاز است بشکل قطعه، میله یا شمس میریزند.

مس خالصی که از تصفیه الکتریکی بدست میآید بشکل ورقه و صفحه بوده و در این حالت، نمیتوان مستقیماً در کارهای صنعتی بکار برده شود. حال برای اینکه مس الکترولیتکی کاملاً چکشخوار و قابل تورق و مقول شدن بشود باید مختصری Cu_2O بآن اضافه نمود، و از اینجهت کاتودها را مجدداً در کوره شعله کوچکی موسوم به کوره «کاتود» گذاخته و بوسیله آتش، یک تصفیه نهائی نموده پس و آنرا باشکالیکه مورد تقاضا و لزوم است در قالبهای مخصوص میریزند و به بازار عرضه میدارند.

معمولاً فاصله بین انودها یعنی از محور مرکزی انود تا محور مرکزی انود دیگر، در حدود ۱۰-۱۲ سانتیمتر است. اگر این فاصله کم باشد قطعات خورده شده مس و لجن انود و رسوبات دیگر ممکن است بین این فضا قرار گیرد و تولید جریان

کوتاه (۱) بنماید، و اگر زیاده‌تر از این مقدار باشد به مقاومت بی‌پوده افزوده می‌گردد در نتیجه، مس کمتری روی کاتود مترسب می‌شود و نیروی الکتریسته تبدیل به نیروی گرمایی می‌گردد و درجه گرمای الکترولیت را بالا می‌برد.

محلول حوضهای تصفیه یا الکترولیت - Electrolytes - محلولیکه در آن عمل تجزیه و تفکیک الکتریکی صورت می‌گیرد باید در حدود ۳-۴٪ مس و ۱۰-۱۶٪ اسید سولفوریک H_2SO_4 آزاد داشته باشد و اگر هر آینه مقدار مس به ۲/۵٪ تنزل باید خطر رسوب شدن آرسنیک با مس در پیش می‌آید؛ اما اگر مقدار اسید سولفوریک آزاد از حد بالا تجاوز کند عمل بولاریزاسیون Polarization در محلول کات کبود آغاز می‌گردد و عمل تجزیه الکتریکی را مختل می‌سازد. گرمای محلول باید همیشه بین ۴۰ - ۶۰ درجه سانتی‌گراد ثابت بماند و البته هر قدر مقدار



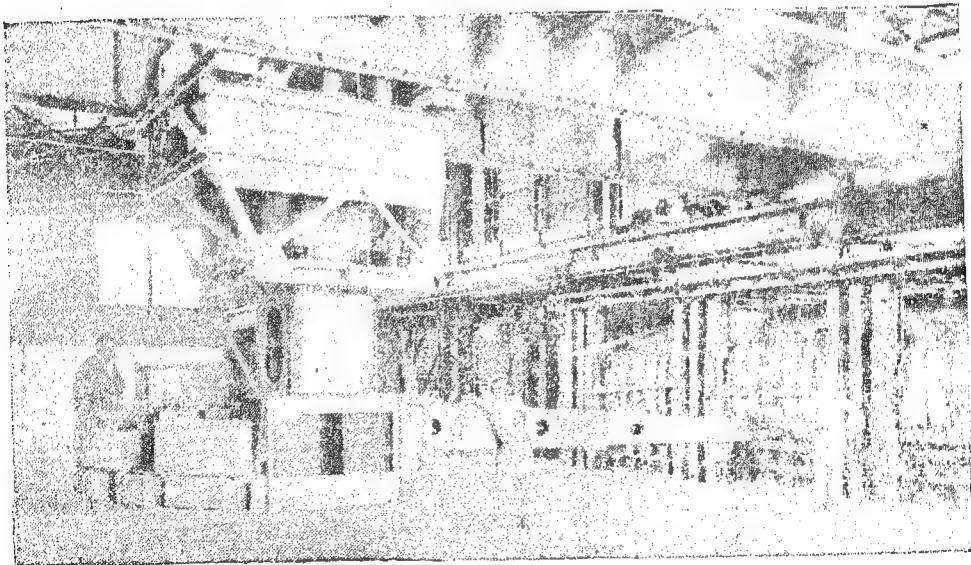
شکل (۱۷۱) برش قائم یک کاتود

گرمای نزدیک به ۶۰ درجه برسد جریان عمل بهتر صورت می‌گیرد. محلول الکترولیت نباید در حوض آرام بماند و باید همیشه از حوضی به حوض دیگری در جریان باشد. از این لحاظ حوض‌ها را طوری می‌سازند که محلول از حوض‌های بالا بطرف حوض‌های پائین بجریان بیافتند. هر قدر شدت جریان الکتریسته و درجه گرمای محلول الکترولیت در حوضها زیاده‌تر باشد، سرعت جریان محلول از حوضی به حوض دیگر باید بیشتر باشد ولی از طرفی جریان نباید طوری شدید باشد که مانع ته نشین شدن مواد غیر قابل

حل واجبی انود بگردد. در اینجا نباید فراموش کرد که محلول الکترولیت در نتیجه حل شدن ناخالصیها بعد از مدتی از حیز انتفاع میافتد و دیگر برای تجزیه الکتریکی مس مفید نخواهد بود؛ در اینصورت باید محلول کهنه را برداشت و بجای آن محلول تازه ساخت.

مهمترین ناخالصیها که در محلول جمع میشوند عبارتند از: آرسنیک، نیکل آنتی موان، بیزموت و آهن این عناصر را ممکن است بوسیله عمل تبلور و رسوب دادن برطرف نمود و محلول کات کبود تصفیه شده را مجدداً در حوض ها استعمال کرد.

شدت جریان (۱) - شدت جریان بین ۱۵ و ۲۵ آمپر در فوت مربع تغییر میکند و دو عاملی که در تعیین مقدار شدت جریان مؤثر میباشد عبارتند از ارزش و بهای توایید نیروی برق و ترکیب شیمیایی انود.



شکل (۱۷۲) کوره شلمه ای گداز کاتود

سقوط اختلاف سطح در حوض ها بین $0/2$ - $0/4$ ولت میباشد. از نقطه نظر اصول الکترولیز، یک آمپر ساعت میتواند مقدار $1/186$ گرام مس را از محلول کات کبود

CuSO_4 ته نشین نماید، یعنی در حدود $382/5$ آمپر ساعت لازم است که مقدار یک پاوند یا $0/4536$ کیلو گرام مس را از محلول گرفته و روی کاتود مترسب نماید . در حقیقت و در عمل مقدار نیروی لازم بین $400 - 500$ آمپر ساعت میباشد

۲- **طریقه پی در پی**-(۱) در این طریقه الکترودها را در داخل حوض ها بطریق پی در پی *In series* بهم متصل میکنند؛ چونکه اینجادیگر احتیاجی به کاتود جداگانه و صفحات آغاز کننده نمی باشد زیرا هر انود نیز بمنزله کاتود کار میکند بدینمعنی مس از یک طرف انود در محلول کات کبود حل شده و روی طرف یا سطح دیگر رسوب میکند. در طریقه پی در پی دو نوع انود بکار میرود .

اول طریقه پی در پی با انود نورده شده دوم با انود ریخته شده . انودها را بطوریکه در شکل نمایان است در حوض هائیکه بابعاد 4 متر طول و $0/75$ متر عرض و $0/85$ عمق میباشد از میله های جریان الکتریسته آویزان میکنند ، و در هر حوضی تعداد 125 انود الکترود به ابعاد $0/60$ متر طول و $0/30$ متر عرض بکار برده میشود

و قتیکه جریان الکتریسته وارد حوض میگردد بغیر از دو تائیکه در ابتدا، و انتهای حوض قرار گرفته اند سطوح الکترودها که بطرف ورود جریان است دارای بار منفی و سطوحی که طرف خروج جریان است دارای بار الکتریکی مثبت میشوند.

جریان مثبت که از درون یک الکترود عبور میکند باعث میگردد مس حل شود و روی سطح منفی الکترود بعدی مترسب گردد و بدین طریق از یک طرف مس در محلول حل میشود و روی طرف دیگر می نشیند تا اینکه تمام سطح الکترود از مس مترسب تشکیل شود . در این طریقه هم، عین طریقه مضاعف که ذکر شد ، ناخالصیها منجمله فلزات گران بها که در محلول کات کبود غیر قابل حل هستند وارد محلول شده و در کف حوض ته نشین شده و بشکل اجن در می آیند .

پس از آنکه الکترودها از مس رسوب شده ترکیب شدند آنها را به جر انتقال از درون حوضها بیرون آورده و سپس در کوره شعله گذاخته و باشکل مورد تقاضا

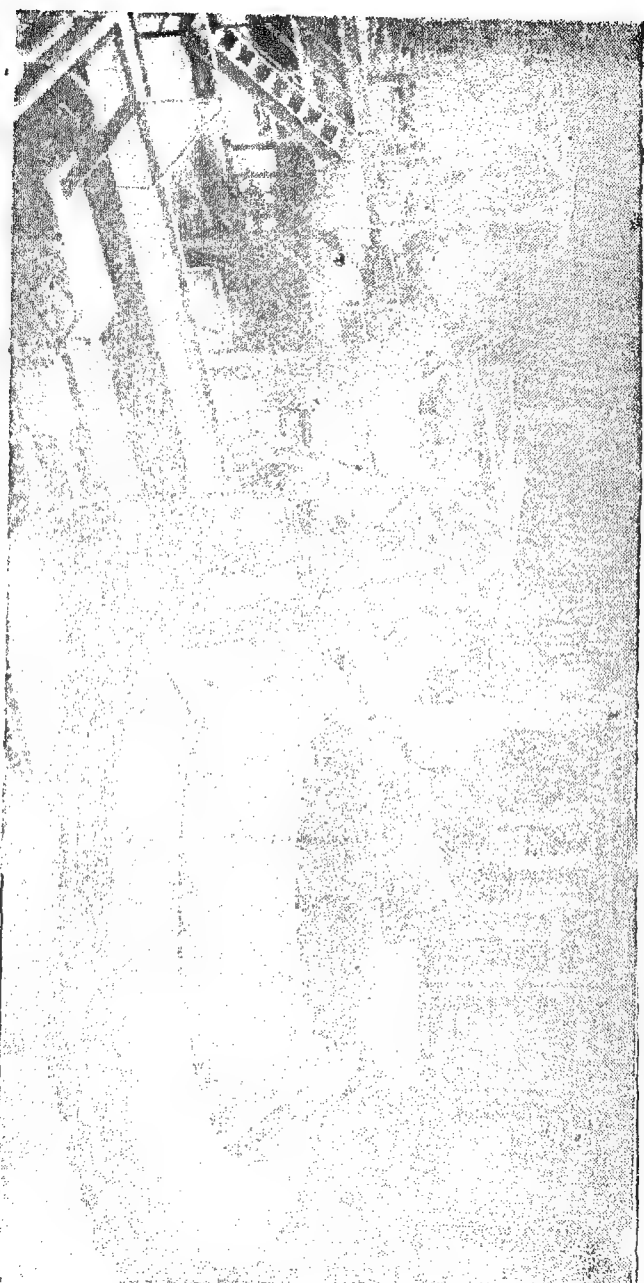
در میآورند. شدت جریان در این طریقه باندازه طریقه مضاعف می باشد ولی چون الکترود ها در حوض بشکل پی در پی بیکدیگر متصل هستند مقدار جریانیکه در هر حوض مصرف میشود بمراتب کمتر از طریقه مضاعف است؛ مثلاً در طریقه مضاعف، یک حوض که محتوی ۴۵۰ فوت مربع سطح رسوب شده میباشد احتیاج به ۱۰۸۰۰ آمپر دارد در صورتیکه در طریقه پی در پی حوضیکه دارای ۲۳ فوت مربع سطح رسوب شده میباشد فقط احتیاج به ۴۶۰ آمپر دارد، چون در این طریقه شدت جریان بمراتب کمتر است لذا هیچگونه احتیاجی بمیل و بار دامنیوس های^(۱) قوی نمیباشد و افت الکتریکی در نقاط اتصال کم و بیش ناچیز است.

بطوریکه گفته شد طریقه مضاعف بیش از طریقه پی در پی متداول و معمول است ولی هربارک از آنها دارای محسنات و مزایای بخصوص بوده که در اینجا بطور مقایسه ذکر میگردد.

محسنات طریقه مضاعف - ۱ - در طریقه مضاعف میتوان انودی بکار برد که مجموع ناخالصیهای آن حد اکثر به ۱٪ برسد. و طلا و نقره محتوی آن تا ۳۱ کیلو گرام در تن باشد، در صورتیکه در طریقه پی در پی باید انودی بکار رود که مجموع ناخالصیهای آن از ۱۷/۰٪ بیشتر نباشد و بیش ۳/۱ کیلو گرام در تن طلا و نقره نداشته باشد.

۲ - در طریقه مضاعف انود و کاتود ها را میتوان بوسیله جر انقال و ماشین نقل و انتقال داد در صورتیکه چون اندازه آنها در طریقه پی در پی کوچکتر است لذا با دست و نیروی انسانی انجام میگردد.

۳ - در طریقه مضاعف نظربه فاصله بیشتر بین کاتود و انود (الکترود ها) و فضای خالی بین آنها و جدار طرفین حوض ها محلول الکترولیت بهتر میتواند جریان داشته باشد بدون اینکه لجن ها را تحریک نماید و با خود از حوضی به حوض دیگری ببرد.



شکل (۱۷۳) - ماشین اورد ریزی خود کار

مزایای طریقه پی در پی از اینقرار است: ۱ - چون مسافت و فاصله بین الکترود ها کمتر است از اینجهت سقوط و اختلاف سطح الکتریکی کمتر بوده و در حدود ۰/۱۵ - ۰/۳۰ میباشد و معنی آن این است که برای اینکه يك مقدار معین مس متر سب گردد فقط نصف نیروی الکتریکی لازم میباشد .

۲ - نظر بكمی مقدار جریان الکتریسته در اینطریقه احتیاجی به میاه و هادیهای الکتریکی بزرگ (بار دامنیوس) نمیباشد و میتوان صرفه جوئی زیادی در مصرف مس نمود .

۳ - باز مانده ایكه در طریقه پی در پی باقی میماند کمتر از طریقه مضاعف بوده و بین ۳ - ۸/۱ میباشد، در صورتیکه در طریقه مضاعف بین ۱۰ - ۱۵/۱ است .
۴ - مقدار مسی که در يك کیلوات روز در طریقه پی در پی باشدت جریان ۱۸ آمپر در فوت مربع بدست میآید در حدود ۱۵۳ کیلو گرام است در صورتیکه در طریقه مضاعف ۷۸ کیلو گرام یا نصف آن میباشد یعنی مصرف نیروی الکتریسته در طریقه پی در پی نصف طریقه مضاعف است .

در طریقه مضاعف حوض ها را باید با سرب ورق پوشانید ولی در طریقه پی در پی يك عایق خوب کافی میباشد .

اگر چه هزینه راه انداختن و عمل در هر دو طریقه يك اندازه است ولی چون در طریقه مضاعف میتوان هر نوع مس را به کار برد لذا بیش از طریقه پی در پی متداول و معمول گشته است و باز ده آن بیشتر است .

استخراج فلزات نقره از لجن - هوقی که تصفیه الکتریکی مس در حوضهای الکترولیز در شرف وقوع است عناصر غیر قابل حل در محلول کات کبود بتدریج در کف حوض ها ته نشین شده و تشکیل يك لجن سیاهی که مقدار آن در حدود ۱ - ۱/۳ وزن اصلی انودها میباشد میدهند .

ترکیب شیمیائی «لجن انود» ب. از مختلف و بر حسب ترکیب شیمیائی انود ها تغییر میکند و عناصریکه در آن وجود دارند از اینقرارند:

مس ۱۱/۰۱ - ۱۴/۸ ، نقره ۵۳/۶۶ - ۵۷/۱ ، طلا ۰/۲۸ - ۰/۳۰ ،

پلاتینم ۰/۰۱۰۰۰۱؛ سرب ۰/۶۱ - ۵/۲۶؛ آنتی موان ۲ - ۶/۷۶؛ آرسنیک ۲/۱ - ۵/۴؛ بیزموت ۰/۴۵ - ۵/۷؛ نیکل ۰/۱۳؛ کبالت ۰/۱۰۰۶؛ آهن ۰/۱۴؛ روی ۰/۰۶؛ سیلیسیم ۰/۳۹ - ۲؛ تلوریم ۱ - ۳/۵۶.

وقتی که مقدار کافی لجن سیاه در کف حوضها جمع شد، محلول الکترولیت را خالی کرده و لجن هارا خارج نموده و در یک حوض دیگری جای میدهند و پس از آنکه قطعات فلزی که اتفاقاً در لجن افتاده بادست و یا بوسیله غربال برداشته شد، آنگاه لجن را چندین مرتبه با آب خالی شسته و بعد از شستن و برطرف کردن اسید زیادی آنرا بوسیله صافی میکانیکی صاف کرده و بصورت قطعه یا تیکه در میآورند و خشک میکنند. و پس از انجام اینعمل در یکی از دو طریق زیر فلزات گرانبهای موجود را استخراج مینماید.

۱ - گداز مستقیم - در این طریق قطعات و تیکه های لجن خشک شده را در کوره شعله کوچکی با مقدار کافی سیلیس و کربنات دوسود مخلوط کرده و گرم میدهند تا ناخالصیهای موجود اکسیده شده و تشکیل سرباره سیالی بدهند. سرباره را برطرف نموده و مخلوط فلزی که بدست میآید در کوره کوپالسیون عمل کرده تا طلا و نقره بصورت همبسته در آیند. سپس بطریقیکه بعداً در بحث طلا و نقره ذکر خواهد شد هر دو را از یکدیگر جدا میسازند

۲ - بالینکه قطعات و تیکه های لجن را در کیسه های کاغذی ریخته و کیسه های بوزن ۵ - ۱۰ کیلو گرام تهیه نموده و آنها را بترتیب در یک کوپال بزرگ که محتوی سرب گداخته میباشد فرو میبرند. البته پس از خاتمه عمل کوپال سیون طلا و نقره را بطریقیکه بعداً ذکر خواهد شد از یکدیگر جدا میسازند

این دو طریق و وقتی بکار میروند که در نزدیکی کارخانه تصفیه مس، کارخانه استخراج سرب موجود باشد تا اینکه از محصولات فرعی که در حین عمل بوجود میآیند کمال استفاده را بنمایند و الا مقدار افت طلا و نقره زیاد خواهد بود.

۲ - گداز غیر مستقیم - این طریق که در اغلب کارخانجات مس روم و معمول گشته عبارت است از قرار دادن تیکه های لجن صاف و خشک شده در یک کوره شعله و گرم

دادن آن تا ۴۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۲ ساعت. این عمل کلیه مس موجود در لجن را اکسیده نموده و مبدل به CuO کرده و اغلب ارسنیک آنتی موان و روی را تبخیر و متصاعد میکند؛ بعداً محصول تشویه شده را در حوضهائی که از قطعات سرب پوشیده شده با اسید سولفوریک H_2SO_4 (۱.۷) گرم مخلوط نموده و هم میزنند. عناصر تلوریم و سیلینیم را با عبور دادن محلول از روی فلز مس، رسوب داد و بر طرف نمود، بعداً محلول صاف شده سولفات مس را به حوضه‌های اصلی الکتر و لیز عودت داده و آنچه پس از عمل با اسید سولفوریک باقی میماند، شسته و در کوره شعله‌ای موسوم به کوره دوره Dorée با مقداری مواد گداز آور مناسب گداخته، ناخالصیها را اکسیده نموده و یک محصول فلزی که مخلوط از طلا و نقره میباشد و موسوم به Dorée است بدست میآورند. سپس فلز دوره را بطریقه Ballbach-thum و یا طریقه Moebius الکترولیز کرده و طلا و نقره را از یکدیگر جدا نموده و بصورت شمش در میآورند.

استخراج مس بطریقه تر

استخراج فلزات از مواد اولیه بطریقه تر و مرطوب، که به Hydrometallurgy مصطلح میباشد عبارت است از حل کردن مواد اولیه در یک حلالیکه روی مواد خاکی و قشر کان که با عناصر فلزی همراه اند اثر نکرده و فقط فلزات را در خود حل مینماید. پس از صاف کردن، عناصر حل شده را بطریقی رسوب داده و از محلول «مادر» جدا مینمایند. طریقه تر در استخراج طلا و نقره از سالها و قرون گذشته معمول بوده وای استفاده از آن برای استخراج فلزاتی مانند مس - سرب و روی در نیم قرن اخیر بسیار معمول گردیده. البته هر قدر اینگونه فلزات در ماده معدنی ضعیف تر میگردند طریقه تر متداول تر میشود. در اینجا باید متذکر شد که طریقه تر بیشتر مناسب عناصر فلزیست که اولاً در مواد و سنگهای معدنی خیلی کم و بطور پراکنده و منتشر بوجود آمده و مواد خاکی و قشر زمین که با آنها به همراه اند در حلالهای مختلف قابلیت حل شدن را نداشته و بطور غیر قابل حلی در ته حوضه باقی میمانند. ساده ترین نوع، موردی است که مس در محلی از زمین بصورت سولفات طبیعی که در آب قابل حل است بوجود آمده باشد؛

بعداً بر تیب مواد اولیه میآیند که در آنها مس بشکل اکسید و یا کربنات در آمده باشد ولی در باره مواد سولفور باید ابتداء آنها را تحت عملیات مقدماتی قرار داد و سپس بشکل محلول درآورد.

مهمترین حلالها که در استخراج مس بطاریقه تر بکار میروند عبارتند از:
از آب H_2O ؛ اسید سولفوریک H_2SO_4 ؛ اسید کلریدریک HCl ؛ اسید سولفوروز H_2SO_3 ؛ سولفات آهن $Fe_2(SO_4)_3$ ؛ مونیاک NH_3 ؛ کلروآهن؛ گاز کلر؛ و اسیداز و تیک HNO_3 . مسیکه بدین قسم در حلال حل میشود و بشکل محلول در میآید پس از صاف کردن و درآوردن آن بشکل محلول زلال؛ بایستی بوسیله آهن Fe یا سولفور آهن (FeS) یا هیدرژن سولفور (H_2S) و یا انیدرید سولفور (SO_2) عتریب سازند و یا اینکه محلول مس را در حوضهای الکتریکی با انودهای غیر قابل حل روی کاتود که از مس خالص ساخته شده رسوب داده و مس خالص را بدست آورند.
از محلولها؛ یک که در بالا ذکر شد (البته بغیر از آب) اسید سولفوریک از همه ارزاتر و متداولتر میباشد ولی این نقص را در بر دارد که مواد سولفور در حل نکرده ولی بسیاری از مواد خاکی که در گانگ مواد اولیه موجود است نیز حل نمیکند. اگر اسید نامبرده در حالت رقیق باشد مس را آسانتر و زودتر از سایر عناصر بکند باقی موجودند در خود حل مینماید.

امونیاک و کربنات امونیاک در مجاورت و تماس با هوا مینواید بخوبی اکسید مس و فلز مس را در خود حل کنند ولی نمیتوان آنها را برای مواد مس دار سولفور بکار برد و برعکس سولفات آهن بیش از همه حلالهای نامبرده بر روی مواد سولفور اثر کرده و آنها را در خود میگیرد.

انیدرید سولفور SO_2 در آب تولید اسید سولفوروز H_2SO_3 میکند و این ماده محلول خوبی برای اکسیدهای مس و ترکیبات دیگر آن میباشد و میتوان آنرا از پیریت FeS_2 به سهولت ساخت و بکار برد.

نظر بگرانی قیمت، محلولهای دیگر در کارهای تر بکار نمیروند و با حل کردن مواد اولیه مس دار در اسید سولفوریک؛ انیدرید سولفوروز و اسید سولفوریک و یا در امونیاک

و کربنات امونیاک، مس را بشکل سولفات و یا کربنات در آورده و بعداً محلول این دو ملح را بوسیله یکی از طریق زیر ته نشین ساخته و مس خالص حاصل میشود.

رسوب مس را از محلول مس در محلول های نامبرده در بالا بشکل نمک حل شده در آورده و مس را یکی از این طرق : ۱ - الکترولیز ؛ ۲ - با آهن ؛ ۳ - بوسیله H_2S ؛ ۴ با گرما دادن؛ رسوب داده و مس خالص بدست میآورند.

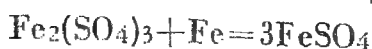
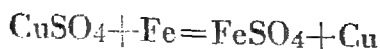
رسوب دادن بطریق الکترولیز عیناً مانند تجزیه و تصفیه الکتریکی میباشد و فقط فرقی که دارد این است که در اینجا باید انود غیر قابل حل باشد و جریان شدید تر و بیشتری بکار رود. انودهای غیر قابل حل که تا بحال استعمال شده شامل انود سربی مانیتیت و سرب، سیلیسیم و فرو سیلیسیم میشوند. با بکار بردن انود غیر قابل حل لازم است نیروی الکتریکی بیشتری بکار برد مثلاً:

۱ ک کیلووات ساعت میتواند با انود غیر قابل حل فقط $\frac{1}{8}$ پاوند یا ۳۶۳ گرام مس رسوب نماید. در طریق مضاعف $\frac{1}{8}$ پاوند یا ۳۶۳۰ گرام مس رسوب دهد. در طریق پی در پی ۱۴ پاوند یا ۶۱۷۰ گرام مس رسوب دهد.

علاوه بر این، غلظت محلول را نمیتوان کاملاً در اختیار داشت؛ زیرا همیشه مقداری سولفات آهن در محلول کات کهود باقی میماند که در عملیات الکترولیز دخالت میکند و مس آزاد شده را مجدداً به داخل محلول برگردانیده و تبدیل به سولفات مس میکند.



۲ - رسوب دادن با آهن - آهن بهترین ماده برای رسوب دادن مس بشمار میرود و خیلی متداول است؛ زیرا اول ارزان است و ثانیاً میتوان با سانی آنرا بشکل آهن کپنه و اسقاط در هر کجا بدست آورد. فعل و انفعالاتی که در رسوب دادن مس روی آهن وقوع مییابد عبارتند از :



مس رسوب شده روی آهن (که اغلب در حدود ۹۰٪ خالص است) موسوم به مس سمانته می باشد و مقدار آهنی که بدین منظور بکار میرود باید تقریباً دو برابر مقدار مسی باشد که باید مترسب گردد. در سالهای اخیر بجای آهن اسقاط و کپنه آهن ابری که در نتیجه احیاء کردن سنگ آهن معدنی درجه یک بوسیله اکسید دو کربن بدست می آید زیاد بکار میبرند.

۳ - پیدروژن سولفور - عمل رسوب دادن مس را بوجه احسن انجام میدهد ولی از طرفی ساختن و تهیه آن گرانست و ثانیاً مس را چون در حالت سولفور رسوب میکند لذا باید آنرا مجدداً گداخت تا مس خالص بدست آید.



۴ - اگر مس در محلول SO_2 حل شود و CuS و Cu_2S بدست آیند و با اینگه در آمونیاک بشکل کربنات آمونیاک مس در آورند میتوان مس را بوسیله حرارت دادن محلولهای نامبرده تبدیل با کسیده مس کرده و بعداً آن اکسید را با گرما و عامل احیاء کننده تبدیل به مس آزاد نمود.

بنا بر این استخراج مس بطریق تر در سه مرحله انجام میگردد و آنها عبارتند از:
۱ - شکستن و خرد کردن مواد اولیه و معدنی. ۲ - حل نمودن در حلال های مختلف و در آوردن مس بصورت محلول. ۳ - رسوب دادن مس روی آهن و الکترولیز محلول مس دار. اینک چند مثال ذکر میشود.

طریقه نیکور نیلیا New Cornelia - این طریقه در کارخانه اثر واقع در ارویزونا ایالات متحده امریکا بکار میرود و شرح مختصر آن از اینقرار است

در این کارخانه ابتداء مواد معدنی که اغلب بشکل اکسید میباشند و محتوی مس آنها از ۱/۱۵، متجاوز است در ماشینهای سنگ شکن بزرگ شکسته و بقطعات کوچکتر از یک سانتی متر قطر در آورده و بوسیله تسمه نقاله بداخل تانک یا مخازن بزرگی

بابعاد 30×30 متر و به عمق ۶ متر که از بتون مسلح ساخته شده وارد نموده و با محلول رقیق اسید سولفوریک مخلوط مینمایند. پس از مدت ۶-۸ روز محلول که با مواد مس دارد تماسی بوده از زیر مخزن بیرون رفته و بعد از گرفتن آهن که ممکن است داخل سولفات مس بصورت سولفید آهن در آمده باشد در حوضهائی الکترولیز میکنند. انود ها را از سرب سخت شده میسازند و کاتود از مس خالص بشکل صفحات آغاز کننده بین انودها در محلول سولفات مس معلق است. بقیه عملیات با جزئی تفاوت عیناً مانند تصفیه الکتریکی مس بطاری که ذکر شد صورت میگیرد و مس خالص روی کاتود مینشینند که پس از جدا کردن از کاتود آنرا مجدداً در کوره کوچکی گداخته و باشکالیکه مورد تقاضا است درمیآورند.

۲ - شرکت مس شیلی - در کشور شیلی در ناحیه چوکی کاماتا Chuquilcamata بزرگترین مؤسسه استخراج مس بطریق تر موجود است. در اینجا سنگ معدنی و مواد اولیه مس عبارتند از سولفات مس طبیعی موسوم به بروکانتیت $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ و مقداری اتاکامیت $Cu_2C_2H_3O_3$. این مواد را ابتدا خرد کرده و بعداً در مخازنی که هر یک ظرفیت ۱۵۰۰ تن میباشد با اسید سولفوریک رقیق مخلوط کرده و محلولیکه از یک مخزن بیرون میآید بداخل مخزن دیگری میرود تا اینکه رفته رفته در محتوی مس ترغنی گردد. بدین ترتیب محلولیکه دارای مس میباشد برای ۷ مرتبه از مخزنی به مخزنی فرستاده شده تا اینکه یک محلول سولفات مسی که مناسب عملیات الکترولیز باشد بدست آید. آنوقت محلول نامبرده را در حوضهائی الکترولیز که در آنها انود غیر قابل حل موجود است تجزیه کرده و مس کاتود بدست میآید.

۳ - ناحیه ریو تینتو Rio - tinto - در اسپانیا، مواد معدنی که محتوی مس آنها کم است در توده های عظیم روی زمین غیر قابل نفوذی چیده تا اینکه در اثر هوا و عوامل خون بمرور زمان تکلیس و تشویه شوند. بعداً آبیکه محتوی قدری اسید سولفوریک رقیق است از درون این توده ها که هر یک محتوی ۱۰۰۰۰۰ تن سنگ معدنی میباشد عبور داده تارفته رفته مس آنها بوسیله آب حل شد و بصورت سولفات درآید؛ سپس

بطریقی که در بالا ذکر شد مس را از ملج سولفات بوسیله الکترولیز بدست میآورند
شرکت Kennecott در الاسکا و شرکت Heilbrunn در ایالات متحده آمریکا امونیاک
را بعنوان محلول بکار میبرند ولی بقیه جریان عمل مانند طرق بالا است.

موارد استعمال مس - مهمترین و بزرگترین مصرف کننده مس خالص صنایع
الکتریسته و صنایع فرعی آن میباشد و بطوری صنایع مزبور بر روی این فلز استوار
گردیده که بدون مس بسط و توسعه آنها بهیچوجه امکان پذیر نیست در صنایع
الکتریسته مس اولاً بصورت کابل؛ سیم مفتول و هادیهای مختلف و ثانیاً بشکل ورق
صفحه ولوله بکار میرود. مس بشکل لوله در دیگهای بخار لکوموتیوها و برای ساختن
ظروف مسی زیاد بکار میرود. در درجه دوم بزرگترین مصرف فلز نامبرده در ساختن
همبسته های مختلف میباشد که مس در آنها فلز اصلی را تشکیل میدهد.

مهمترین همبسته های مس عبارتند از برنج، مفرغ، ورشو و فسفر برنز
برنج - برنج همبسته ایست از مس و روی. گاهی اوقات مقدار جزئی قلع یا
سرب یا عناصر دیگری در آن داخل میکنند که به برنج خواص مخصوصی اعطاء نماید
برنجیکه بیشتر در کارهای فلزی مورد استعمال دارد همبسته ایست که از مس و
روی ترکیب شده است. انواعی که محتوی ۶۰ - ۷۵٪ مس و بقیه روی میباشد نیز
مورد استعمال بسزائی دارند. برنج هائیکه برنگ زرد برنجی هستند محتوی ۷۰٪
مس و ۳۰٪ روی بوده و آنهاییکه ۸۰ - ۹۰٪ مس و ۲۰ الی ۳۰٪ روی دارند برنگ
قرمز در می آیند.

از نقطه نظر ساختمان درونی، برنج آلفا برنجی است که محتوی روی آن کمتر
از ۳۶٪ باشد. این برنج ها خاصیت چکش خواری در حالت سرد را نیز دارند زیرا از
محلول آلفا تشکیل شده اند.

برنج آلفا با اضافه بتا برنجی است که محتوی روی آن بین ۳۶ - ۴۹٪ باشد و این
نوع برنج وقتی خاصیت چکش خواری بخود میگیرد که گرم باشد زیرا در حالت سرد
کاملاً شکننده میباشد.

برنج بتا و بتا با اضافه گاما برنجی است که مقدار روی در آن از
۴۹٪ تجاوز کند؛ برنجهای مزبور را نمیتوان چه در حالت سرد و چه در حالت گرم

چکش کاری کرد و فقط مناسب برای ریخته گری برنجی میباشد. بطور کلی میتوان چنین استنباط کرد که اضافه نمودن فلز روی بمس همبسته بوجود میآورد که ارزان تر و سخت تر و پر استقامت تر از مس خالص بوده و در عین حال دارای همان خواص چکشخواری، نورد و مفتول شدن بوده و در مقابل اسیدها و قلیائیهها مقاومت بهتری نشان میدهد. ولی این نکته را باید متذکر شد که هدایت گرما و الکتریسته در برنج کمتر از مس میباشد.

برنج را بشکل ریخته، ورق و صفحه، سیم و مفتول و لوله زیاد بکار میبرند برنج زنگ نمیزند و بدین واسطه در قسمتهای مختلف ساختمان ماشینها بکار میرود. برنج ماده اولیه فشنگ بوزه و از این لحاظ اهمیت بسزائی دارد.

مفرغ یا برنز - برنز همبسته مس و قلع است و گاهی اوقات مقادیر جزئی از عناصر دیگر برای دادن خواص بخصوص بآن اضافه میشود. متداول ترین نوع برنز همبسته ایست که محتوی ۱۰ قلع و بقیه مس میباشد. کلیه همبسته های مس و قلع که محتوی قلع آنها تا ۱۲٪ است از محلول جامد آلفا تشکیل یافته اند. مفرغ از برنج گران تر، سخت تر و در مقابل عوامل جوی و اسیدها مقاومت بیشتری از خود نشان میدهد و بدین مناسبت در کارهای مجسمه سازی زیاد بکار میرود. مفرغ را اغلب برای ساختن کاسه «برینک» Bearing و قسمتهای مختلف درونی تلمبه و چرخ دنده و چرخهای مختلف و سوابها بکار میبرند.

فلز توپ مفرغی است که محتوی ۱۰٪ قلع با اضافه ۲٪ روی و یا ۸٪ قلع و ۴٪ روی و بقیه مس میباشد. فلزیکه برای ساختن زنگها بکار میرود محتوی ۱۵-۲۵٪ قلع و بقیه مس است، این همبسته دارای صدای خوش آهنگی بوده و از این جهت در ساختن زنگهای ساعتهای بزرگ و زنگ کلیسا و غیره زیاد بکار میرود.

برنز مانگانیز برنزی است که ۳۰٪ - ۴۰٪ مانگانیز اضافه بر قلع و مس دارد

برنز فسفر دار برنزیست که بین ۲٪ - ۵٪ فسفر داشته باشد، زیرا فسفر نیرو و استحکام

برنز را زیاد میکند. برنز آلومینیم و برنز سیلیسیم از انواع دیگر این همبسته بشمار میروند

که هر یک مورد استعمال بخصوصی دارد

استخراج مس در ایران

مس یکی از چند فلز است که طرز استخراج و گدازان از مواد معدنی و در آوردن آن باشکال مختلف بر صنعتگران باستانی این کشور کهن سال که مدتی مهت تمدن بوده کاملاً معلوم و آشکار بوده است، زیرا از مس اشیاء زیادی از قبیل سر نیزه - تیر - سپر ظروف های مختلف و آلات دیگر در طی قرن های گذشته ساخته و مورد استفاده قرار میدادند. متأسفانه اطلاعات صحیح و جامعی راجع باین گونه فعالیت ها که بشکل کتاب یا جزوه جمع آوری شده باشد در دست نیست و تا بحال تحقیقات و تجسسائی راجع بتاریخ استعمال فلزات و باصطلاح متالورژی باستانی در این کشور نشده است ولی آثار و علائم زیادی چه در معادن مس قدیمه که از آن سنگ های معدنی را استخراج میکردند و چه در اشیائی که از این فلز یا همبسته آن با قلع یعنی مفرغ می ساختند اغاب در خرابه های قدیمه دیده و پیدا میشوند که دلیل بارز بر تسلط و توفیق هنرمندان و فلز کاران باستانی میباشد. بدون شك فلز کاران قدیم ایران بمس و خواص مهمه آن آشنائی داشته و صنعت استخراج و گداز آن را به حد قایل توجهی رسانده بودند.

در معادن مس ناحیه انارك و معادن دهانه سیاه در جنوب سبزوار و نواحی خراسان غربی نه فقط آثار کندن سنگ های معدنی دیده میشود، بلکه در همان نواحی آثار و علائم کوره های قدیمه و عملیات گداز و بدست آوردن مس فلزی تا اندازه وجود و قطعات زیادی سر باره های کهنه یافت میشود.

هنوز اشخاصی در این نواحی زندگی میکنند که فن استخراج و گداز مس را بطریقی که هزاران سال در این کشور معمول و متداول بوده میدانند و رموز و فوت کاسه گری آنرا از نیاکان خود دست بدست تا این عصر و زمانه پائین آورده اند و تا چندی قبل که دولت عملیات استخراج مس را در این نواحی بخود منحصر نکرده بود این قبیل اشخاص معادن کوچکی در اختیار داشته و کار میکردند و مقدار کمی مس سیاه و چکش خوار بدست آورده و در بازارهای اصفهان و مشهد و شهرهای دیگر بفروش رسانیده و از این راه امرار معاش میکردند.

گداز مس بطرز قدیم - معدنچیان باستانی سنگهای مس اکسیده و در بعضی نواحی بخصوص، مس خالص طبیعی را که اغلب در قسمت بالای رگه نزدیک سطح زمین کوه یا تپه یا کنار دره نمایان میبود بوسیله کلنگ کنده و با دیلم سنگسارا شکافته و استخراج میکردند. وای چون بهرور زمان محل استخراج سنگ از معدن عمیق و با خطر ناک میگردد و با آب میرسید و علاوه مواد معدنی از حالت اکسید بتدریج بحالت سولفور تبدیل میشد، معدنچیان با قلم و چکش قسمتهای زود گداز را از بدنه سنگ کوه کنده و فقط نوع اکسید و کربنات را استخراج میکردند، زیرا با وسایل گدازی که معمول و متداول بود در آن زمان فقط قادر بحیاء مس از سنگهای اکسیده و کربنات را بودند و سنگهای معدنی که محتوی گوگرد یا آرسنیک و یا ناخالصیهای دیگر میبود عمل نمیکردند و بحالت خود باقی میگذاشتند؛ زیرا بطوریکه دیدیم احیاء نمودن گوگرد از سنگهای سولفور نیاز به عملیات تشویه دارد و گداز آن مشکل میباشد. عملیات گداز در آن زمان از اینقرار بود: مواد معدنی اکسید و کربنات را از معدن کنده و بقطعات کوچک در آورده و سنگ جوری نموده و به نمره ۱ و ۲ و ۳ درجه بندی میکردند.

دریاك پله كان عريض بطول ۸ متر و بعرض ۳ متر و بعمق ۱/۵ متر چند گودالی بقطر ۰/۷۵ متر و بعمق ۱/۲۰ متر كنده و درون آنرا از سنگهای محكم چیده و روی آنرا يك طبقه گل خاك رس نسوز میپوشانیدند. چند روز در این حال نگاه میداشته تا كاملاً خشك شود؛ سپس در وسط گودال يك لوله كه از آهن ورق ساخته شده و روی آن گل خاك رس نسوز آغشته شده بود قرار میدادند. لوله نامبرده از قسمت بالا متصل بزانونی میشد كه آنرا به لوله دم كه بوسیله يك نفخ بزرگ دستی عمل میشد متصل مینمودند. سنگهای معدنی كه كاملاً دست چین شده و بقطعات ۲-۳ سانتی متر قطر در آمده بازغال چوب مخلوط کرده و داخل گودال می ریختند. از خارج نزدیک قاعده گودال (كوره) آتشی روشن کرده و بوسیله لوله مرکزی میدمیدند تا اینکه زغال چوب محترق گشته و گرمای لازم را بوجود آورد. پس از چند ساعت مواد اكسیده احیاء شده و مس ناخالص (مس سیاه) قطره قطره در كف گودال جمع میگردد و در همانجا منجمد میشد. اگر مواد آنكه در كوره بكار میرفت از سنگهای معدنی مس غنی

ترکیب شده بود، در این صورت مس سیاهی که بدست میآید به «کاوچک» موسوم میشد و بیش از ۷۵-۸۰٪ مس در برداشت ولی اگر مواد اولیه در محتوی مس غنی نبود آنوقت «رو باره»



شکل (۱۷۴) - چند عدد کوره های گداز مس بطرز قدیم در معدن «دهانه سیاه» سبزوار

حاصل میشد که در حدود ۵۰-۶۰٪ مس داشت. سابقاً مس «کاوچک» را مجدداً در کوره دیگری که میتوان آنرا کوره تصفیه نامید میگذاختند تا اینکه مس سیاهی که تا اندازه خواص چکشخواری را از خود نشان میداد بدست میآمد، آنوقت آن مس را گرفته و پس از حرارت دادن چکش کاری کرده و با شکل مختلف که مورد تقاضا بود در میآوردند. این بود بطور اجمال طرز عملیات استخراج مس که هزاران سال در این کشور معمول و متداول بوده است.



شکل (۱۷۵) - يك کوره گداز مس بطرز قدیم در معدن عباس آباد

استخراج مس بطرز جدید - در دوره اعلیحضرت فقید رضاشاه پهلوی که يك

جنبش و نهضت صنعتی در این کشور پس از قرنهای خمودگسی ایجاد شده بود، اداره معادنی تاسیس گشت و بعداً بشکل اداره کل معادن از سال ۱۳۱۵ شمسی اکتشاف و بهره برداری معادن زغال و فلزات را بابرنامه مرتب و منظمی جداً آغاز نمود. از جمله فلزاتی که در استخراج و اکتشاف معادن جدید آن قدمهای بزرگی (البته نسبت به سایر فعالیتهای دیگر) برداشته شد و هزینه های زیادی مصرف گردید فلز مس بود، زیرا فلز مزبور مهمترین ماده اولیه کارخانجات مهمات سازی ارتش شاهنشاهی میبود و از این لحاظ مورد علاقه و توجه خاص ذات ملوکانه قرار گرفته بود.

نواحی مس خیز که تا آن تاریخ در ایران معلوم بود عبارت بودند از ناحیه انارک، ناحیه عباس آباد و ناحیه سبزوار و خراسان غربی؛ زیرا در این نواحی آثار استخراج بوسیله بومیها و معدنچیان باستانی کاملاً معلوم و آشکار بود و تا آن زمان هم بوسیله بعضی از آنها از معادن مزبور استفاده میشد.

اداره کل معادن در هر يك از این نواحی دایره تاسیس نمود و عملیات استخراج و بهره برداری را بر طبق اصول فنی جدید قرارداد و بوسیله مهندسين معادن که جدیداً از دانشگاههای اروپا فارغ التحصیل شده و برای خدمت به کشور عزیز مراجعت کرده بودند عملیات مزبور اجرا نمود.

برنامه تفصیلی که از طرف اداره کل معادن بموقع اجرا گذارده شده بود دو جنبه داشت: اول جنبه استخراج و بهره برداری؛ دوم جنبه اکتشافات و جستجوی ذخایر تازه و بالاخره تعیین ذخیره کشوری. در نتیجه توسعه اکتشافات در نواحی آذربایجان معادن مس زنجان و معدن سونگون اکتشاف گردید و به تعداد معادن مس موجود افزوده شد. اینک بشرح طرز استخراج مس در سه معدن مهم مس می پردازیم.

۱ - ناحیه انارک - منطقه انارک در ۸۴ کیلومتری شمال نائین در ارتفاع ۱۴۵۰ متر نسبت بسطح دریا قرار گرفته و از حیث آب و هوا خشک است. زمینهای ناحیه انارک بشعاع ۵۰ کیلومتری اغلب معدن خیز بوده و در تمام انواع مختلف سنگهای آن چه آذری و چه رسوبی و دگرگونی، نمونه فلزات صنعتی و قیمتی دیده میشود مثلاً در شیبستها فلز انتی موان (معدن پاتیار)؛ در سنگهای آذری اسیدی فلزات طلا

و نقره و روی (معدن کالیکانی)؛ در سنگهای آذری قلیائی فلز نیکل (معدن چاه شوره)
و در سنگهای رسوبی آهنی مس و نیکل و مس خالص طبیعی (معدن تالمسی و مسکنی)
یافت میگردد .

مس در سنگهای آذری بحالت سوافور و در سنگهای رسوبی و کنگاومرات
و آهنی بحالت کربنات بوجود آمده است . معدن مهمی که در آن عملیات استخراج
مس انجام می گیرد عبارتند از معدن باقرق - معدن تالمسی - معدن مسکنی - معدن
تالخیه - معدن سبرز و معدن چاه سفید .

من باب مثال تجزیه و ترکیب شیمیائی و نوع مواد معدنی که از بعضی از آنها
استخراج می گردد در زیر داده شده است :

۱ - سنگ معدنی باقرق $0.8/98 Fe_2O_3$ ؛ $0.2/22 Al_2O_3$ ؛ $0.1/10 SiO_2$ باقرق $0.3/47 CaO$ ؛ $0.0/74 MgO$ ؛ $0.0/56 BaSO_4$ ؛ $0.9/72 Cu$ ؛ $0.5/13 Pb$ ؛ $0.4/3 As$ گوگرد $0.2/47$.

۲ - سنگ معدنی تالمسی $0.4/0 SiO_2$ ؛ $0.1/3 Al_2O_3$ ؛ $0.1/2 Fe_2O_3$ ؛ $0.0 CaO$ ؛ $0.6 Cu$ ؛ $0.4/9 Ni$ ؛ $0.6/1 As$ ؛ $0.9/9 S$.

۳ - سنگ معدنی سبرز - $0.2/23 SiO_2$ ؛ $0.7/89 Al_2O_3$ ؛ $0.1/43 FeO$ ؛ $0.5/87 CuO$ ؛ $0.3/83 S$ ؛ $0.9/4 As$ ؛ $0.8/0 Sb$.

۴ - سنگ معدنی چاه سفید $0.9/28 SiO_2$ ؛ $0.2/85 Al_2O_3$ ؛ $0.6/0 Fe_2O_3$ ؛ $0.3/44 MgO$.

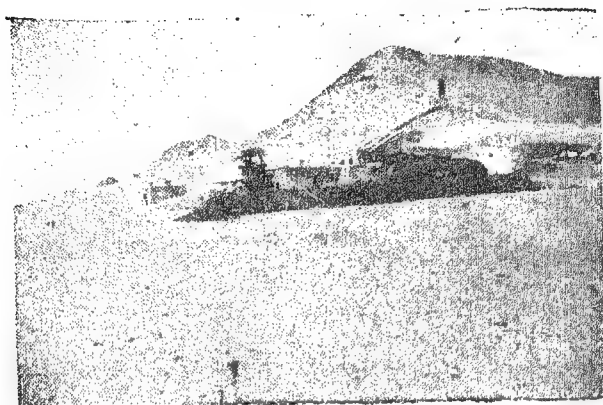
۵ - سنگ معدنی خونی $0.4/09 Cu$ ؛ $0.32/52 Pb$ ؛ $0.29/89 Fe_2O_3$ ؛ $0.43/41 Zn$ ؛ $0.40/10 Au$ ؛ $10/40$ گرام در تن ؛ $162 Ag$ ؛ $10/40$ گرام در تن ؛ $0.43/41 Zn$.

۶ - سنگ معدنی پاتپار (انتی موان) $0.052 SiO_2$ ؛ $0.1/2 Al_2O_3$ ؛ $0.2/15 CaO$ ؛ $0.4/16 Fe_3O_4$ ؛ $0.19/6 Sh$ ؛ $0.8/4 S$.

الیه بین سنگهای معدنی استخراج شده بدو خوب را از یکدیگر بوسیله سنگ
جوری بادست جدا کرده و فقط سنگهاییکه عیارشان از ۵۰٪ مس به بالا میباشد برای
گداز و ذوب بکوره ارسال میگردد .

عملیات گداز مس در انارک - سابقاً باک کوره و اترژا کت بظرفیت ۳۰ تن در

باقرق تاسیس شده بود که بغیر از سنگهای معدن باقرق بقیه مواد اولیه مورد نیاز کوره را از معادن اطراف بشعاع ۵۰ کیلو متر و کک را از معدن شمشک بمسافت ۶۵۰ کیلومتر به پای کوره در باقرق حمل مینمودند.



شکل (۱۷۶) معدن و کوره گداز مس در باقرق در ناحیه انارک

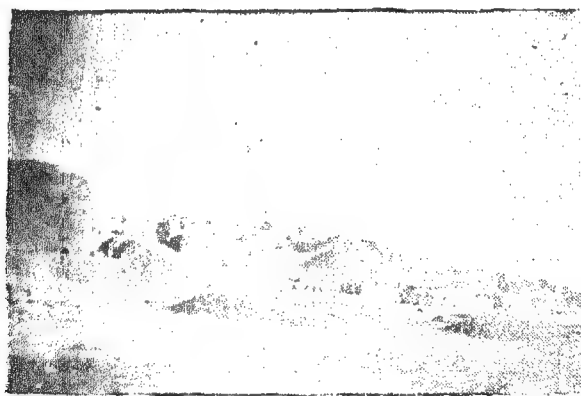
بار کوره را از مخلوطی از سنگهای معدنی مس تالمسی، سبرز، تلخه و مسکنی به نسبتهای مختلف ترکیب نموده و این مواد را طوری جور میکردند که متوسط مس محتوی در آنها در حدود ۱/۴۵٪ بشود. سپس مواد مزبور را با مقداری سنگ آهن (هماتیت) که از معدن چاه سفید تامین میشد با مقداری سر باره کهنه مخلوط کرده و بار کوره را بدینقسم تشکیل میدادند. گاهی اوقات سنگ آهنک هم بدان اضافه میکردند. بار را با مقداری کک بداخل کوره ریخته و در نتیجه دمیدن هوا، کک محترق گشته و گرمای لازم جهت گداز مواد اولیه در کوره و اثرژاکت بوجود میآید. مصرف سوخت (کک) زیاد و برای هر ۶/۵ تن بار، یک تن کک مصرف میشد.

محصولیکه از کوره و اثرژاکت بیرون میآید مذامات مسی بود که بین ۴۵-۵۰٪ مس داشت و آنرا پس از جدا کردن از سر باره، بوسیله کامیون به تهران حمل کرده و بکارخانه تصفیه الکترولیتیکی غنی آباد میفرستادند. از سال ۱۳۱۹ باینطرف کوره و اثرژاکت باقرق را بازو اوراق کرده و در عوض یک کوره شعله (روربر) در معدن تالمسی ساخته و عملیات گداز را در این کوره متمرکز نمودند. مواد اولیه که در کوره مزبور بکار میرود باید خورده و کوچک باشد، لذا سنگهای معدنی را شکانده به اندازه گرد و

فندق درآورده و سپس باقدری سنك آهن و آهك تشكيل بار داده و بوسیله مازوت حرارت داده تا اینکه مواد گداخته شده و ذوب شوند و در نتیجه مات ۴۸ - ۵۰٪ مس بدست آید.

از موقعیکه بهره برداری در این ناحیه از طرف اداره کل معادن شروع گردید در مدت ده سال در حدود ۱۸۳۲ تن مس خالص که مقدار ۵/۶۶۰ تن آن بجال طبیعی بوده استخراج شده است.

۲ - ناحیه عباس آباد - عباس آباد قریه کوچکی است که بین شاهرود و سبزوار در جاده اصلی تهران - مشهد واقع گردیده. در کوه های شمالی و جنوبی این قریه زمینهای مس خیزی موجود است که از سالیان گذشته مقدار معتنايی سنك مس استخراج و ذوب میشده است. در طی سالهای هتمادی تا آنجائیکه برای معدنچیان باستانی مقدور بوده در عقب رگه و یا سنك مس دار میرفتند و پس از برهیختن بطرقیکه ذکر شد اقدام به گداز آن مینمودند.

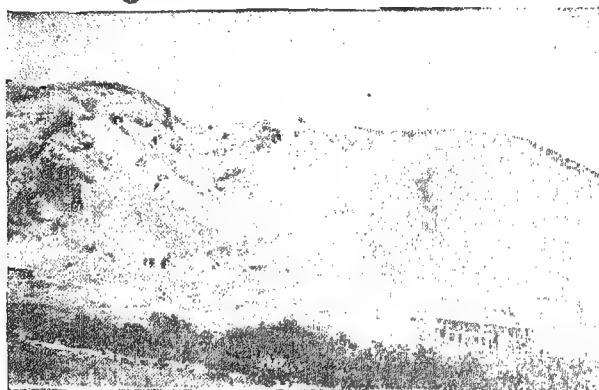


شكل (۱۷۷) معدن بزرگ در ناحیه عباس آباد

در اوایل سال ۱۳۱۸ اداره کل معادن برای تعیین وضعیت معادن مس این ناحیه و ناحیه سبزوار در معادن دامن چالها، چغندر سر و معدن بزرگ شروع بکار کرده و عملیات استخراج و بهره برداری را روی اصول نیمه مکانیزه قرارداد.

از اواخر ۱۳۱۸ تا سال ۱۳۲۰ سنگهای معدنی و مواد اولیه که از معادن عباس آباد

و دهانه سیاه در سبزوار استخراج میگردید در کوره‌ها «وطنی» بطرز قدیم که ذکر شد، بازغال چوب گذاخته میشد و ممت و مس سیاهی که از این راه بدست می‌آمد بکارخانه تصفیه مس غنی آباد در تهران ارسال میشد. در سال ۱۳۲۰ یک کوره و اترزاکنی بطرفیت ۲۰ تن بشکل زیر در معدن دامن چالها ساخته شد تا اینکه عملیات گداز در این کوره انجام شود. کک مصرف کوره از معدن زغال سنگ ابوک که در ۱۸۰ کیلومتری غربی عباس آباد واقع است تهیه میشود.



شکل (۱۷۸) معدن دهنه سیاه در ناحیه سبزوار

معدن مس خیز در ناحیه عباس آباد عبارتند از : ۱ - معدن لبکال ۲۰ کیلومتری شرقی عباس آباد - ۲ - معدن اسپادیو در ۱۵ کیلومتری شرقی عباس آباد ۳ - معدن بزرک ۲۳ کیلومتری عباس آباد ۴ - معدن دامن چالها در شمال عباس آباد ۵ - معدن حمای در ۱۲ کیلومتری غربی عباس آباد ۶ - معدن چغندر سر ۲۴ کیلومتر جنوب غربی ۷ - معدن گورخان و ۸ - معدن بقلو در ۳۰ و ۲۵ کیلومتری جنوب عباس آباد.

استخراج مواد معدنی در این معدن تماماً بصورت روباز انجام میگیرد و فقط در معدن دامن چالها اخیراً چند چاه اکتشافی زده شده است. نوع سنگ معدنی در این معدن اغلب سوافور از قبیل کالکوزین میباشد ولی در معدن بزرک مقداری اکسید و کربنات نیز یافت میشود. اینچاه مانند ناحیه انارک، مواد اولیه که از معدن مختلف بدست میآید پس از سنگ جوری و درجه بندی یک مخلوط مناسبی که میتوان آن را در کوره

واترزاكت گداخت تركيب ميسازند. تركيب بار وسوخت كوره عبارت است از : چهار قسمت سنگهای معدنی دامن چالها + يك قسمت سنگ معدنی چغندر سر + يك قسمت سنگ آهك و يك قسمت كك .

محصول كوره ماتی است كه بین ۵۰-۱۰۶۰ مس دارد و برای تبدیل آن بمس خالص الكترولیتیکی لازم است آنرا به كارخانه تصفیه مس غنی آباد ارسال دارند .

۳- ناحیه زنجان - معادن مس بایچه باغ در ۱۴۰ کیلو متری مغرب زنجان واقع گردیده و از حیث محل و مناظر طبیعی از بهترین معادن ایران بشمار میرود . رودخانه معروف به قلعه چای كه یکی از شعب قزل اوزن میباشد از وسط ناحیه معدنی میگردد و كمك بزرگی برای آبادی محل و استفاده صنعتی میتواند بكنند .

معدن بایچه باغ در سال ۱۳۱۵ بوسیله مرحوم مهندس طلعت پور اكتشاف گردید و نظر با اهمیت رگه های مس و معدنی بودن این ناحیه اداره كل معادن باافاصله تصمیم گرفت كه عملیات اكتشافی و استخراج و بهره برداری را در آنجا شروع كند .

عملیات فنی از سال ۱۳۱۶ در معدن شروع شد و تا ورود قوای متفقین در او اسط شهر یور ۱۳۲۰ به ملی كه بر همه واضح و روشن است متوقف گردید و متأسفانه تا بحال هم در حال تعطیل باقی است و بانك صنعتی و معدنی هنوز اقدامی با افتتاح مجدد آن نكرده است . در مدت چهار سال ، عملیات تهیه و اكتشاف در نه عدد رگه شروع شده بود . كلیتا مقدار ۴۰۰۰ تن مس بصورت سنگ معدنی ۲۰ مس برای استخراج و بیرون آوردن از معدن تهیه شده بود .

رگه های مس دار در این ناحیه بطور منظم و مرتبی یکی بعد از دیگری در داخل يك نوع سنگ آذری موسوم به اندزیت (Andesite) بوجود آمده و ادامه و وسعت این توده آتشفشانی بشعاع چندین کیلومتر است . جای هیچگونه شك و تردید نیست كه رگه های زیادتری نیز در این ناحیه موجود است كه هنوز اكتشاف نگردیده و با جرات میتوان گفت هر گاه روزی بناشود از معادن ایران مانند معادن اروپا و امریکا با وسایل میكانیزه كامل بهره برداری شود ، ناحیه زنجان از مهمترین نقاط مس خیز ایران بشمار خواهد رفت ؛ زیرا دلائل بارز و علامات زیادی در محل موجود است كه این

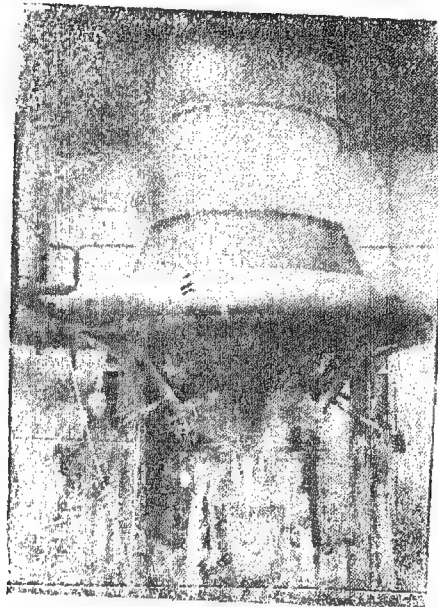
اظهار را تایید کند .

ماده معدنی مس در این رگه ها اغلب مس گوگرد دار بدون آهن مانند کالکوزیت Cu_2S و یا گوگرد دار با آهن مانند کالکوپیریت Cu_2SFeS متشکل شده و فقط در نواحی سطحی و قسمتی از رگه ها که نزدیک بسطح زمین کوره و یادره ظاهر شده اند سنگهای اکسیده و کربنات از قبیل کوپریت و مالاکیت و ازوریت دیده میشوند ، در انتهای عرض رگه ها یعنی قسمتی که سنک آذری با سنگهای رسوبی در تماس می آید و متدرجاً تبدیل به کاولین (Kaolin) میگردد ، در رگه های مس مقداری سولفور سرب و روی بشکل گالن و بلند نیز بوجود آمده اند . البته در موقع سنک چوری حتی المقدور اینگونه سنگها را از سنگهای معدنی مس جدا میکنند ولی معدنك مقداری سرب و روی در کوره میرود و عملیات گداز را مختل میسازد . صورت تجزیه سنگهای معدنی که از رگه های مختلف بدست می آیند از این قرار است :

عناصر معدنی	Cu	SiO_2	FeO	Al_2O_3	CaO	MgO	S	غیر قابل حل
نمونه ۱	۰/۱۲/۷	۴۱	۱۲	۷/۳	۶	۴/۴	۱۲/۵	۰/۳/۶
نمونه ۲	۰/۳/۵	۵۹/۳	۶/۶	۱۰/۲	۷	۴/۸	۵	—
نمونه ۳	۰/۴/۶	۶۵	۵/۵	۶/۵	۳/۵	۲/۵	۳	۰/۲

عملیات گداز - در معدن زنجان يك کوره و اترژاكت بظرفیت ۱۵ تن از طرف اداره کل معادن نصب گردیده بود که در آن سنگهای معدنی نمرة ۱ و ۲ را با تشکیل دادن بار مناسبی گداخته و مبدل به « مات » بنمایند . برای بدست آوردن بار مناسب محاسبه و آزمایش های زیادی بعمل آمده بود و بدین منظور گاهی اوقات از هماتیت معدن آهن « خان قره داش » بعنوان ماده گداز آور استفاده میشد . وقت دیگر بار را بدون سنك آهن بکوره داده ولی در عوض بمقدار سنك آهك بار افزوده میگشت ؛ چون در ساختمان کوره که بیشتر مناسب ذوب مات و یا سرباره های کنور تیسور بود نواقص و معایبی وجود داشت لذا هر دفعه پس از چند روز ، بار در داخل کوره منجمد میگشت و کوره از کار میافتاد . نگارنده ماموریت یافتیم که عملیات گداز کوره مزبور را مطالعه نموده و معایب جزئی آنرا اصلاح نمایم . از اینجهت پس از اصلاحات جزئی

در قسمت لوله‌های دم و طرز دمیدن باد و محاسبه بار مناسب بالاخره کوره متمادیاً کار میکرد تا اینکه در نتیجه اغتشاشات شهریور ۱۳۲۰ کلیه عملیات متوقف گردید .
ماتیکه از اینکوره بدست می‌آمد در حدود ۴۵-۵۰٪ مس داشت و آنرا جهت تصفیه بکارخانه مس غنی آباد میفرستادند .



شکل (۱۷۹) کوره واتر ژاکت در معدن با بجه باغ در حین خروج مات مس

تصفیه مس - بنا باینچه ذکر شد عملیات استخراج مس از مواد اولیه و سنگهای معدنی تا مرحله بدست آوردن مات که محتوی مس آن در معادن مختلف متغیر بود و بین ۴۵-۶۵٪ میرسید در خود معادن انجام میگرفت و مات نامبرده را برای تبدیل به مس سیاه یا جوش دار (Blister copper) بکارخانه تصفیه الکترولیتکی غنسی آباد که در ۹ کیلومتری جنوب شرقی تهران واقع گردیده از سال میداشتند. تأسیسات فنی این کارخانه عبارتند از یک کوره واتر ژاکت بطرفیت ۲۰ تن؛ ۳ عدد کوره شعله (روربر)، یکی برای انودریزی ، دومی جهت گداز کاتود و در آوردن آن

باشکال مختلف، و سومی کوره یدکی؛ ۲ عدد دستگاه تبدیل کننده (کنورتیسور) افقی و یک دستگاه کامل الکترولیز مس بطریق مضاعف (پارالل) بظرفیت ۵ تن در روز. مواد اولیه که باین کارخانه وارد می شوند عبارتند از: مس از معادن مختلف؛ مس خالصی طبیعی از معادن انارک؛ کک از معادن زغال سنک شمشک و نفت سیاه و مازوت از شرکت نفت ایران و انگلیس.

برای بدست آوردن مس سیاه جوش دار، مات هارا شکانده و بعداً مخلوط نموده و قبل از اینکه دستگاه تبدیل کننده ساخته شود آنها را در کوره واترژاکت می گداختند و سعی میشد در نتیجه چند ذوب متوالی مس سیاهی که محتوی ۸۰ - ۸۵٪ مس بود بدست آید.

بعد از نصب دستگاه تبدیل کننده، مات هارا بصورت جامد و خشک به داخل کنورتیسور ریخته و بوسیله شعله های نفت سیاه آنها را گرما داده تا اینکه به حالت مایع در آیند، سپس شعله ها را بر طرف نمود و مجاری باد دما را باز کرده و باد به داخل مات گداخته میدهند تا بقسمیکه در این مبحث ذکر شد ناخالصیهای محتوی اکسیده شوند و در نتیجه گوگرد و آهن کم شده و مات مس تبدیل به مس جوش دار بگردد. آنوقت مس جوش دار را منتقل به کوره انودریزی کرده و در آنجا مجدداً گرما داده و بوسیله تنه درخت سبز، عمل پولینگ (Poling) یا پرشارژ Percharge را انجام داده تا اینکه ناخالصی های باقیمانده اکسیده شده و مس انود که محتوی ۹۵٪ مس میباشد حاصل شود.

آنگاه مس را در قالب انودها ریخته و پس از اینکه مقدار کافی انود جمع شد آنها را در حوضهای الکترولیز بین کاتودهای مس خالص آویزان نموده و مس خالص الکترولیتیکی بدست می آید.

دستگاه الکترولیز که بطریق مضاعف کار می کند دارای ۷۱ حوض، هر یک بظرفیت ۷ متر مکعب میباشد. طرز عمل عیناً همانست که در مبحث تصفیه الکتریکی ذکر شد. در اینجا هم کاتودها را که بعنوان صفحات آغاز کننده میباشد از مس خالص ساخته شده که در موقع تأسیس کارخانه از خارجه خریداری شده است.

پس از آنکه عمل الکترو لیز خاتمه یافت و مس خالص بشکل صفحه نازکی روی کاتودهای اصلی مترسب گشت آنوقت کاتودها را بیرون آورده ولایه که روی آنها مترسب شده از کاتود اصلی مانند صفحه کاغذ جدا کرده و آنها را با آب شسته و در کناری انباشته که بعداً برای گداز و ساختن برنج به کارخانه برنج سازی ارتش در سلطنت آباد ارسال گردد. لیکن هائیکه در ته حوضها میماند اغلب دارای مقدار معتدلی فلزات قیمتی طلا و مخصوصاً نقره بود ولی متأسفانه این دو فلز را از آنها بیرون نیاورده و لیکن ها را در کناری انبار میکنند تا در موقع برای آنها خریداری پیدا شود

فصل بیست و یکم

سرب

مقدمه تاریخی - سرب یکی از شش فلزیست که از زمان ماقبل تاریخ به انسان معلوم و آشکار بوده زیرا این فلز زود گداز را میتوانستند بآسانی پس از استخراج از معدن گداخته و ذوب کنند. چون خاصیت چکشخواری آن خوب و سرب خالص فلزی بسیار نرم میباشد برای صنعتگران باستانی چندان اشکال نداشت که پس از گداختن، سرب حاصله را با اشکال مختلف که مورد تقاضا میبود در آوردند و مورد استفاده قرار دهند.

بر حسب تاریخ ثبت شده قدیمترین مردمانیکه به سرب آشنائی داشتند مصریها بودند، زیرا این فلز را برای آداب گیری ظروف و کوزه های گلی بکار میبردند و ایضاً میدانستند چگونه نقره موجود در سرب را استخراج نموده و بکار برند. مصریهایین ۷۰۰۰ و ۵۰۰۰ سال قبل از مسیح بوجود فلزاتی مانند نقره و سرب پی برده و آنها را از مواد اولیه استخراج کرده و مورد استفاده قرار میدادند.

فنیقیها که از سواحل لبنان و شرقی مدیترانه بسایر نقاط اروپای غربی از قبیل اسپانیا، فرانسه و انگلستان مهاجرت میکردند اطلاعاتی از معادن سرب و قلع و مس داشتند و در اسپانیا در ناحیه ریوتینتو Rio-tinto در ۲۰۰ سال قبل از مسیح سرب را استخراج کرده و بکار میبردند.

معادن لاریوم (Larrium) در یونان که در سال ۱۸۶۳ بوسیله یاکت فرانسیوی مجدداً باز گردید از بهترین معادن اروپا (۵۰۰ سال) قبل از میلاد بشمار میرفت. در قرن سوم قبل از میلاد، رومیها معادن سرب اسپانیا را بکار انداخته و این فلز را استخراج میکردند. در سالهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ بعد از میلاد، معادن سرب و نقره در ناحیه هارتس

(Hartz) در آلمان مشغول کار بوده و بعداً در سال ۱۲۰۰ میلادی معادن ساکسونی-سیلزی و بوهیم بازگردید. استخراج سرب در ایالات متحده آمریکا در سال ۱۶۲۰ میلادی شروع شد و امروز این کشور بزرگترین تولیدکننده فلز مزبور می باشد.

خواص فیزیکی - سرب سنگینترین و در عین حال نرمترین فلز معمولی است. وزن مخصوص آن بین ۱۰/۳۷-۱۰/۶۵ در حالت مایع و ۱۱/۳۵-۱۱/۳۷ در حالت جامد میباشد. سرب خالص بقدری نرم است که می توان آن را با ناخن مخطط کرد ولی اگر مقداری ناخالصی از قبیل آنتی موان - آرسینک-مس و روی در آن وجود داشته باشد سرب سخت می شود و مقدار سختی آن نسبت به اندازه ناخالصیهای موجود زیاد می-گردد. رنگ سرب خاکستری مایل به آبی و خاصیت چکشخواری و تورق و صفحه شدن آن خوب است ولی خاصیت سیم و مفتول شدن و دراز شدن آن پست و نمی توان از سرب سیم و مفتول ساخت.

سرب در $327/4$ درجه سانتیگراد گداخته و بحالت مایع درمی آید و در گرمای 1525 درجه می جوشد ولی بسهولت تبخیر نمیشود. اما اگر مخلوطی از سرب و روی را در گرمای زیاد تحت عملیات تقطیر درآورند بخارات روی که متصاعد میگردد مقدار معتنابهی از بخارات سرب به همراه میرد و از این جهت در عملیات استخراج و گداز سرب باید سعی شود که مقدار فلز روی حداقل باشد و اگر نه سرب تلف میشود.

خواص شیمیائی - سرب عنصریست سهوالانسی بوزن اتمی ۲۰۷ و علامت شیمیائی آن (Pb) و از واژه Plumbium مشتق است. در هوای مرطوب سطح آن کدر شده ولی دز هوای خشک تغییری در آن مشاهده نمیگردد. اگر سرب را در مجاورت هوای زیاد گرما دهند فوراً اکسیده شده و تبدیل به PbO میگردد و اگر درجه گرما بتدریج زیاد شود و بین ۴۰۰ - ۴۵۰ درجه باشد PbO تبدیل به Pb_3O_4 میشود که در ۵۵۰ درجه مجدداً تجزیه شده و تغییر به PbO و O می یابد.

اکسیدهای دیگر سرب عبارتند از PbO_2 و Pb_2O_3 ولی تمام اکسیدهای سرب که بیش از PbO محتوی اکسیژن میباشد در گرمای ۶۳۰ درجه تجزیه شده و تماماً تبدیل به PbO و O میشوند.

مهمترین محل سرب اسیدازوتیک HNO_3 بوده و نوع رقیق آن شدیدتر از نوع قوی بر سرب اثر میکند.

اسیدهای HCl و HF و H_2SO_4 در حالت رقیق بر روی سرب اثری نمیکنند زیرا با فاصله یک طبقه نازکی از املاح آنهایی یعنی PbCl_2 و PbF_2 و PbSO_4 ترکیب یافته که مانع نفوذ اسید به درون توده سرب میشوند و از این جهت برای نقل و انتقال و انباشتن اینگونه اسیدها ظروف سربی و یا با آستر سربی بسیار مناسب و زیاد بکار میروند. اسید استیک، تار تاریک و اسیدهای دیگر به تانی سرب را حل میکنند و روی آن اثر میبخشند.

کلیه ترکیبات سربی مسموم کننده میباشند و درجه مسمومیت آنها نسبت بقابلیت حل شدن املاح آن در بدن تغییر میکند: مثلاً سرب خالص و سولفور آن چون در بدن غیر قابل حل اند مسموم کننده نبوده و اثر نمیکنند ولی املاح قابل حل آن از قبیل کلرور-نیترات-استات شدیداً مسموم کننده هستند. اکسید، کربنات و سولفات سرب در درجه کمتری مسموم میکنند و اگر شخص دائماً با اینگونه املاح سربی و یا بخارات آنها در تماس باشد بتدریج مسموم خواهد شد و پس از چندی به بیماری (Plumbism) گرفتار میگردد. ترکیبات سربی را در تحت موضوع موارد استعمال سرب شرح خواهیم داد.

مواد اولیه و سنگهای معدنی

دو عنصر سرب و روی در طبیعت اغلب با هم بوجود آمده اند بقسمی که در سنگهای معدنی یک عنصر بیش از عنصر دومی است ولی هیچگاه بدون یکدیگر نخواهند بود از این لحاظ طرز پیدایش و زمین شناسی این دو عنصر در سنگهای مختلف زمین تقریباً یکی است و در تمام نقاط زمین کم و بیش یافت میشوند. تمام سنگهای معدنی سرب محتوی مواد دیگری غیر از سرب بوده و بعضی از آنها که از عناصر قیمتی و مفید مانند طلا و نقره و مس هستند میتوان پس از استخراج سرب بطرقیکه بعد از ذکر خواهد شد آنها را مجزا نموده و مورد استفاده قرار داد.

معمولی ترین ناخالصیهای سرب عبارتند از سیلیس - اکسید آهن - اکسید کلسیم - سولفات باریم - روی - انتیموان و آرسنیک. اگر سه مواد نامبرده اولی به اندازه های مناسب موجود باشند دیگر در عملیات گداز مواد معدنی سرب، احتیاج بمواد گداز او نخواهد بود و اگر هم موجود نباشند میتوان با اندک حساب ساده مقادیر آنها را در موقع محاسبه بار کوره تعیین نموده و بالاخره آنها را بر باره فرستاد. ولی روی، انتیموان و آرسنیک در مواد معدنی سرب از عناصر مودعی و زیان بخش بشمار میروند زیرا وجود آنها در سرب از بهای بازرگانی و خواص فیزیکی و همیکانیکی آن میکاهد. مهمترین مواد اولیه و سنگهای معدنی سرب از این قرارند:

جدول (۳۵)

مقدار درصد سرب محتو	ترکیب شیمیائی	اسم کانی شناسی سنگ
۱۸۶/۴	PbS	۱ - گالن Galena
۷۷/۵	PbCO ₃	۲ - سروزیت Cerussite
۶۸/۳	PbSO ₄	۳ - انگلزیب Anglesite
۷۶/۳	₃ Pb ₃ P ₂ O ₈ . PbCl ₂	۴ - پیرومورفیت Pyromorphite
۵۶/۳	PbMoO ₄	۵ - ولفنیت Wulfenite
۳۴/۱	PbSbO ₅	۶ - جیمسونیت Jamesonite

از مواد نامبرده بالا مهمترین از همه سولفور سرب (گالن) میباشد و امروز قسمت اعظم سرب دنیا از استخراج و گداز این ماده بدست میآید. سه ماده دیگر بعد از (گالن) از اکسیداسیون سطحی مواد سولفوره کم و بیش حاصل میشوند و چندان زیاد نیستند. ماده اخیر بیشتر از مواد اولیه انتیموان بشمار میرود و از لحاظ استخراج سرب چندان اهمیتی ندارد.

اصول استخراج سرب

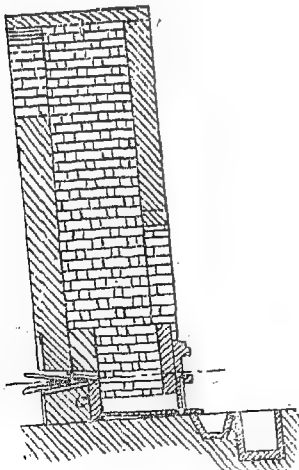
طرق احیاء - عموماً مواد معدنی سرب را از طریق گداز (پیرومتالورژی) تبدیل بسرب فلزی میکنند، سنگهای معدنی را ابتداء پس از برهیختن و آرایش و تهیه و برطرف نمودن قسمت بیشتر ناخالصیها تحت عملیات تشویه قرار میدهند تا اینکه مقدار گوگرد آنها کم شود و از حالت سولفور تبدیل به اکسید و سولفات شوند. بعداً این

دومادها را باهم مخلوط کرده و در کوره بلند و اترژاکت و یا در کوره شعله‌ای احیاء نموده تا سرب فلزی بدست آید. محصولات کوره بلند و اترژاکت که سنگهای معدنی سرب در آن گداخته میشود عبوتند از :

- ۱ - شمش سرب که باید بعد از نرم گردد و تصفیه شود .
- ۲ - مسات سرب یا اسپایس ، یعنی سولفور با اترژاکت و سرب و مقدار کمی مس .

۳ - سرباره که معمولاً باید طوری ترکیب شده باشد که محتوی سرب آن از ۵/۱۰٪ تجاوز نکند و فلزات قیمتی در آن باقی نمانده باشد . در سالهای اخیر طرق «تر» شیمیائی، یعنی هیدرومتالورژی و طریقه تبخیر و تصعید و طریقه الکترولیز معمول و متداول گردیده به قسمی که در بعضی از نقاط امریکا میتوانند با طرق آتش و گداز رقابت اقتصادی کنند .

گداز سرب بطرز قدیم - در قرون گذشته گداز سرب مانند مس و فلزات دیگر در یک گودالی که در کنار تپه در معرض وزش باد، یا در محل مناسب دیگری ساخته میشد بوسیله گرما دادن با زغال چوب صورت میگرفت ولی به مرور زمان در اثر تغییراتی که در نوع مواد معدنی فلزات ظاهر میشد ساختمان کوره نیز تغییر میکرد . مثلاً در گداز



سرب گودال اولیه بمعدل یک ظرف چندنی بابعاد $۰/۶۵ \times ۰/۶۰ \times ۰/۳۰$ متر گردید که روی آن دیوارهای بلندی مانند دودکش میساختند و یا اینکه این ظرف را در وسط کف کوره شعله ای کوچکی قرار میدادند .

در جلوی این ظرف که بوته اصلی کوره را تشکیل میداد یک صفحه چندنی سوراخ دار و موربی کار میگذاشتند تا اینکه مواد نیمه گداخته

را از کوره بیرون آورده و روی آن گسترده تا شکل (۱۸۰) کوره گداز سرب بطرز قدیم سرب مذاب قطره قطره سرازیر شده و در پایتایی که جلوی آن قرار گرفته جمع شود .

روی بوته چدنی چهار دیوار باشد قائم بمنزله دودکش ساخته که دود و بخارات سرب را به هوا به برد. در دیوار عقبی چند سوراخی برای کار گذاشتن لوله های دم تعبیه مینمودند.

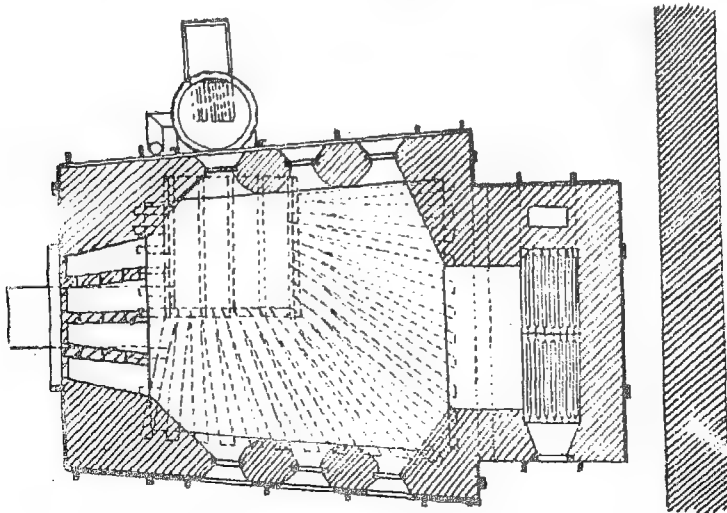
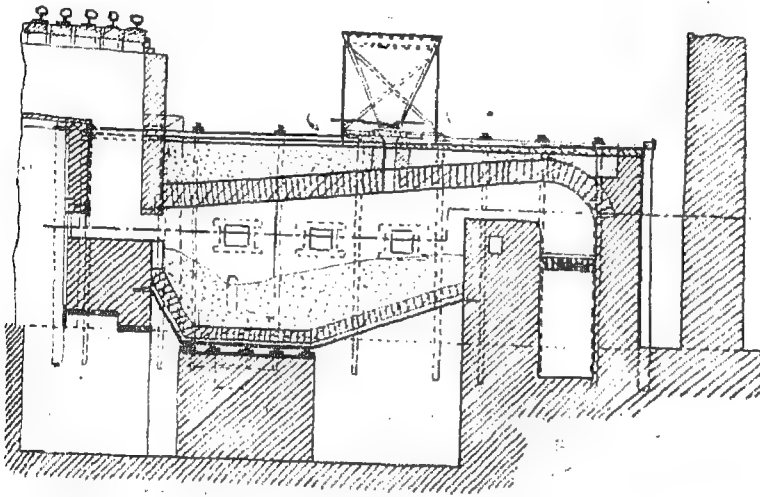
شرح عمل - برای شروع بکار ابتداء ظرف چدنی را از سرب گداخته پر کرده و روی آن مقداری مواد معدنی سولفور که بامقداری سنک آهك مخلوط شده بود قرار داده و بوسیله دم هوارا بدرون آن دمیده تا بحالت نیمه خمیره ای درآید. پس از هر چندی مواد خمیره شده را بوسیله پاروئی بیرون آورده و روی صفحه چدنی در مقابل بوته گسترانیده تا اینکه سرب گداخته از سوراخ پای آن قطره قطره وارد پاتیل شود.

و تیکه بوته نامبرده از سرب پر میشود، سرب لب ریز شده از روی صفحه چدنی مقابل بدرون پاتیل جلو سرازیر میگردد. مواد خمیره شکل را هر چند وقت بامقداری سنک آهك و كك مخلوط کرده و حرارت داده تا اینکه سرب محتوی كاملاً گداخته شود. کوره بالا وقتی بکار میرود که اغلب مواد معدنی بشکل قطعه و تیکه و درشت باشند ولی اگر مواد اولیه سرب بطور خاکی و نرم باشند و تحت عملیات شستشو و آرایش درآمده باشند در آن صورت آنها را در کوره شعله کوچکی که در وسط آن بوته چدنی قرار گرفته و یا در وسط آن گودالی تعبیه شده ذوب میکنند. در این کوره ابتداء مقداری سرباره کهنه را گرما داده تا اینکه گداخته شده و روی سطح کف کوره را به پوشاند و بدین قسم یک صفحه محافظت تشکیل دهد؛ بعداً مقداری مواد معدنی بشکل خاکی در کف کوره گسترانیده و گرما میدهند تا قسمت معظم گوگردان بصورت گاز SO_2 متصاعد شود؛ آنگاه درب را محکم بسته و درجه گرما را بالا برده تا اینکه سرب از کسیدهای خاکی و گاناک جدا شده و قطره قطره در گودال جمع گردد. موادیکه بدین قسم در گودال جمع میشوند عبارتند از: سرب مذاب، سولفور مذاب و مقداری سرباره. در این هنگام در بهای کوره را باز نموده و مقداری آهك بامواد خمیره شکل مخلوط کرده و آنها را بیرون آورده و روی صفحه چدنی موربی قرار میدهند. در نتیجه سرب قطره قطره در پاتیل جلوی جاری شده و در آن جمع میگردد.

مواد معدنی سرب کسه مناسب اینطرز است: خراج میباشند باید مشخصات زیرین را دارا باشند.

۱ - مواد معدنی چه به حالت قطعه و تیکه و چه بشکل خاکه و پرعیار باید بیش از ۰.۵۵٪ سرب داشته باشند.

۲ - مواد معدنی نباید بیش از ۰.۵٪ SiO_2 داشته باشند زیرا هرگاه مقدار سیلیس



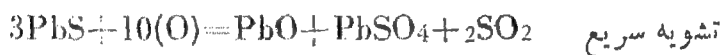
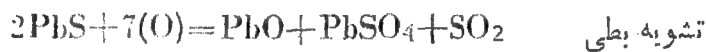
شکل (۱۸۱) برش قائم و افقی کوره شعله ای (دور بر) که در گداز سرب معمول است

بیش از این حد باشد، سیلیکات سرب تولید شده و در نتیجه مقدار زیادی سرب تلف میشود.

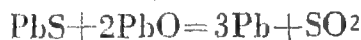
۳ - مواد معدنی نباید بیش از ۱۰٪ سولفور آهن (پیریت) در برداشته باشد و نباید سولفور روی (بلند) موجود باشد.

۴ - عناصری از قبیل نقره؛ آنتی موان؛ آرسنیک نباید وجود داشته باشند؛ زیرا نقره در این طرز گداز از بین میرود و نمیتوان آنرا بدست آورد. دو عنصر اخیر هم بداخل سرب رفته و از ارزش آن میکاهند.

این طریقه گداز سرب را طریقه احیاء با هوا نامیده اند و فعل و انفعالات شیمیائی که وقوع مییابند اغلب ساده است زیرا مواد معدنی سولفور در نتیجه حرارت ابتداء گوگرد خود را از دست داده تشویه میشوند و بعداً بوسیله عامل احیاء کننده که در این مواد اغلب کربن کک میباشد احیاء شده و تبدیل به سرب فلزی میگردد.



در نتیجه دمیدن هوا فقط مقداری از مواد معدنی سولفور مبدل به اکسید و سولفات میگردد و بعداً این دو ماده نیز با هم ترکیب شده و سرب را آزاد میکنند.



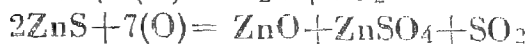
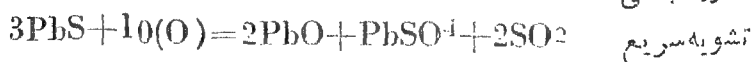
سنگ آهک که بعنوان ماده گداز اوربکوره داده میشود با سیلیس مواد معدنی در ترکیب درآمده و تولید سرباره سیالی میکند. از طرفی دیگر سولفور آهن (پیریت) نیز اکسید شده بشکل FeO با سیلیس تولید سیلیکات آهن نموده و سرباره میرود. البته مقدار کمی سرب بصورت سیلیکات سرب درمی آید و بهر دیروذ زیرا دیگر نمیتوان این سرب را باز یافت. مقدار سربیکه از این طریقه عاید میگردد یا با اصطلاح بازده این طریقه، در حدود ۶۵-۷۵٪ است.

گداز سرب بطرز جدید در کوره واتر ژاکت - امروز قسمت اعظم سرب فلزی از گداز در کوره واتر ژاکت که مجهز بدستگاه گرفتن غبار و دوده است بدست

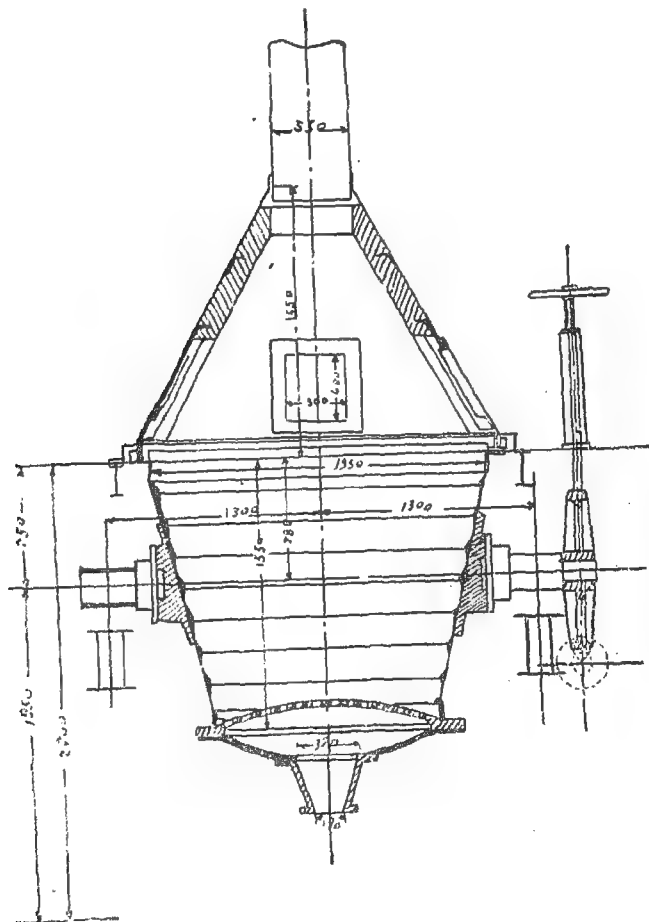
میایند زیرا مواد معدنی سرب که متجاوز از ۰.۵٪ سیلیس دارند و در محتوی سرب چندان غنی نمیشوند و دارای مقادیر معتدله‌ای نقره هستند در این نوع کوره عمل میشوند. مواد اولیه اکسید و سولفات را میتوان مستقیماً بدون عملیات مقدماتی در کوره و اثرژاکت با سنگ آهک مخلوط کرد و با کک گرما داد و احیاء نمود و تبدیل به سرب فلزی نمود ولی مواد گوگرددار بشکل سولفور را نمیتوان مستقیماً در کوره ذوب نمود و باید در نتیجه تشویه مقدار گوگرد محتوی آنها را پایین آورد و بعداً در کوره و اثرژاکت اقدام به گداز نمود.

بطور کلی محصولات کوره و اثرژاکت گداز سرب عبارتند از: ۱ - سرب خالص فلزی ۲ - مات سرب ۳ - سرباره و این سه محصول نظر باختلاف وزن مخصوصی که دارند در بوته کوره روی یکدیگر قرار گرفته و در کوره‌های بزرگ فلز خالص و مات را از یک منفذ و سرباره را از منفذ دیگری بیرون میآورند.

تشویه مواد گوگرددار - گفته شد که امروز تمام سرب دنیا از گداز مواد معدنی سولفور بدست میآید و این مواد را باید قبل از گداز تشویه نمود و از گوگرد آنها کاست و الا مقداری سرب بیپوده تلف میشود؛ از این لحاظ مواد معدنی را بعد از برهیختن از معدن تحت عملیات آرایش و تهیه قرار داده و بصورت خاکی پرعیاری در میآورند. البته خاکه مزبور تماماً از سولفور سرب تشکیل نشده و خواهی نخواهی مقدار قابل ملاحظه مواد خاکی (گانگ)؛ سولفور روی و آهن و مس و آنتی موآن و آرسنیک در آن موجود است که باید بنحوی برطرف گردند تا در کوره اشکالاتی تولید نمایند. فعل انفعالات شیمیایی که در حین گرما دادن سولفور سرب بمنظور تشویه صورت میگیرند از این قرار است.



عملیات تشویه باید با کمال دقت و مواظبت اجرا شود و نباید درجه گرمای تشویه کمتر از ۴۵۰ درجه سانتیگراد باشد زیرا در این درجه قسمت زیادی سولفور مبدل بسولفات گشته و قسمت معظم PbS بصورت $PbSO_4$ درمیآید. اما اگر مقدار گرمادمت زیادی بالاتر از ۴۵۰ درجه بماند قسمت بیشتر از سولفور تبدیل به PbO می گردد. مثلاً اگر درجه گرما به ۷۵۰ سانتیگراد برسد، سولفور سرب بشکل خمیره درآمده و ذرات مواد معدنی بهم چسبیده و مانع دخول هوا و اکسیده شدن آنها



شکل (۱۸۲) دیگت هانتینگتن هیرلین که در تشویه سولفور سرب زیاد بکار میرود

میگردد؛ در نتیجه عمل تشویه ناقص مانده و بتأخیر می افتد. ضمناً هم ممکن است

مقداری سرب فلزی آزاد شده و در این گرما تبخیر شده و از دود کش کوره خارج و تلف شود. بهر حال نسبت PbO و $PbSO_4$ که وجود می‌آیند بستگی مستقیمی با درجه گرما و مقدار هوای تشویه دارند.

یك مسئله مهم و دشواری که همیشه مهندسين گداز فلزات با آن مواجه میشوند مسئله تشویه میباشد. که آیا باید مواد معدنی سولفور را قبل از گداز تشویه کرد و گوگرد محتوی را کم نمود؟ یا اینکه مستقیماً آنها را در کوره و اثرزاکت ریخت و عمل تشویه را با عمل گداز توأم نموده و هر دو را در يك دستگاه انجام داد؟

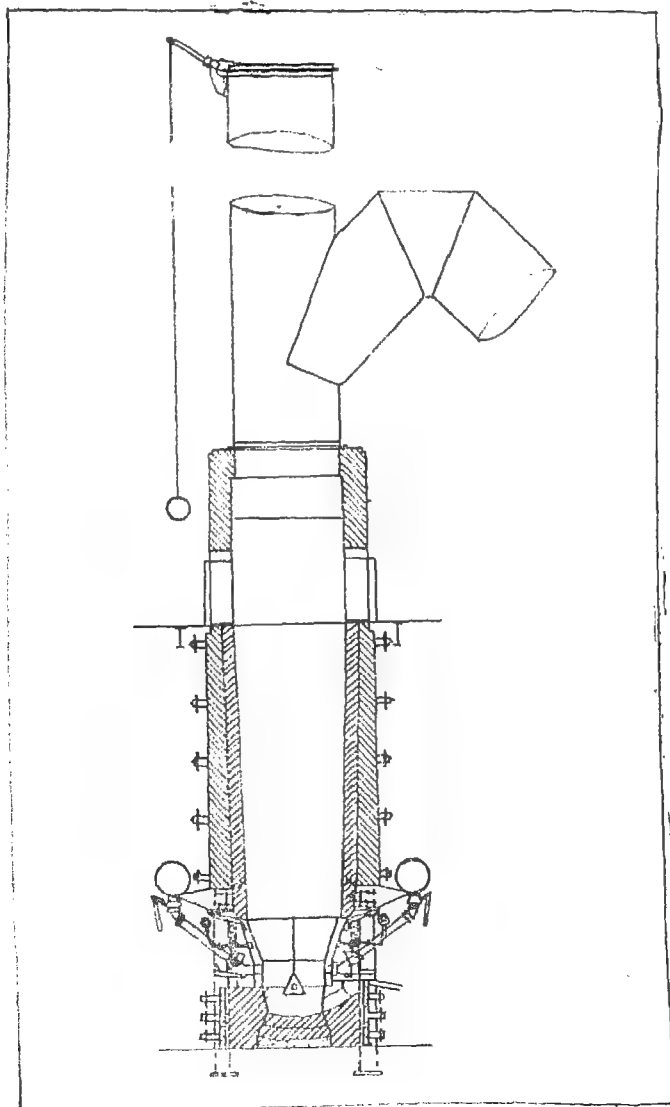
اصولاً در عمل چنین متداول گشته که مواد معدنی گوگرد دار که مقدار گوگرد آنها بیش از ۸٪ میباشد بهتر است قبل از گداز تشویه شوند و در یکی از دستگاههای تشویه، گوگرد آنها گرفته شود. در مواقعی که مقدار نقره در سنگهای معدنی سرب زیاد است، صلاح در اینست که آنها را مستقیماً در کوره بلند گداخته و ذوب نمایند و الا مقداری نقره از طریق تبخیر و تصعید بهدر میرود.

دستگاههای تشویه که امروز در تشویه مواد سولفور سرب و مس زیاد بکار میروند عبارتند از دستگاه وژ و دستگاه دوايت لوتید (جلد اول فصل هفتم)؛ زیرا در این دو دستگاه هم میتوان با کمیت‌های زیاد کار کرد و هم درجات گرما را کاملاً در اختیار داشت. البته مواد معدنی که در این دستگاهها تشویه میشوند باید بشکل خا که و با اصطلاح کنسانتره باشند و برای اینکه گداز چنین موادی در کوره و اثرزاکت میسر باشد پس از خاتمه عملیات تشویه ممکنست آنها را بصورت بریکت در آورد. اینک بشرح کوره و اثرزاکت که در گداز سرب بکار میرود میپردازیم.

کوره و اثرزاکت - کوره ای که در گداز مواد معدنی سرب بکار میرود عیناً مانند کوره ایست که در گداز مواد معدنی مس متداول و معمول است و فقط در بعضی جزئیات ساختمانی با یکدیگر اختلاف دارند. از حیث نمای بیرونی یکسان ولی ابعاد و ظرفیت کوره و اثرزاکت سرب کوچکتر از کوره گداز مس است و بوته آن گودتر میباشد؛ زیرا در این جا سرب فلزی و مات و سرباره در داخل کوره از یکدیگر جدا میگردند و هر يك از مجرای بخصوصی بخارج برده میشوند.

سرب فلزی که در ته بوته است بوسیله سیفون مخصوص که در شکل (۱۸۳) مشاهده میشود بیرون میآید.

بلندی ستون بار یعنی مواد بکه در کوره جهت گداز قرار گرفته بر حسب ظرفیت کوره بین ۵/۵ - ۸ متر تغییر میکند. اندازه های مقطع کوره نیز بین



شکل (۱۸۳) کوره واتر ژاکت جهت گداز مواد اولیه سرب

۱×۶/۲ متر و ۵/۱×۴/۵ متر تغییر کرده و معمولاً کوره های کوچک را گرد و استوانه ای شکل میسازند. چون گداز مواد معدنی سرب دقت و مواظبت زیادی لازم دارد و از طرفی مقدار سرب محتوی در آنها بیش از مواد فلزی معدنی مس است لذا کوره های و اثر ژاکت سرب را به مراتب کوچکتر از کوره های مس که در گداز مس معمول گشته میسازند و چون دود و گاز هایی که از دودکش و دهانه کوره بیرون میآید ارزش گرمایی و شیمیایی ندارند سردهانه را اغلب با سیمان باز میگذارند.

شرح عملیات کوره - برای روشن کردن کوره ابتداء آتشی از چوب و هیزم در بوته آن روشن کرده و مدت ۲۴ ساعت مشتعل نگاه می دارند تا اینکه رطوبت درونی کوره بکلی گرفته شود. بعداً بوته را از خاکستر و آتش پاک کرده و تا سطح لوله های دم از شمش های سرب خالص پر میکنند و شمش ها را رویهم طوری میچینند که بین آنها منافذی باز باشد تا اینکه گرما بتواند بسهولت از درون آنها عبور کند. سپس روی شمش های سرب مقداری چوب و هیزم و کهنه آغشته به نفت و روغن قرارداده و آنها را مشتعل ساخته و در این حالت میگذارند تا مدت دو ساعت بسوزد در اثر تولید گرما، شمش ها آب شده و بوته از سرب گداخته پر میگردد. در این مواقع لوله های باددم را متدرجاً باز کرده و کوره را بار میدهند. البته باید بار را متدرجاً زیاد نمود تا اینکه در مدت ۷ ساعت کوره کاملاً براه افتد و طبق برنامه کار کند. در کوره های کوچک، مواد معدنی و مواد گداز آور و کسک را از انبارهای مخصوصی که نزدیک کوره بنا گردیده در اوزان معین برداشته و بوسیله واگنت های مخصوص بسطح بارگیری برده و عمل بارگیری را با دست و وسایل انسانی انجام میدهند، ولی در کوره ها بزرگ عملیات بارگیری حتماً باید با وسائل مکانیکی صورت گیرند. در هر حال کوره را باید طوری بار داد که بطور منظم و مرتبی کار کند و در آن نقاط « سرد » پیدا نشود و موادیکه بار را تشکیل میدهند باید بترتیب معین داخل کوره توزیع شده و بتدریج در کوره پائین آمده و گداخته شوند. معمولاً توزیع مواد اولیه باید طوری عمل شود که قطعات درشت و بزرگ در وسط کوره و قطعات کوچک و ریز در حاشیه و محیط آن قرار گیرند. چند ساعت بعد از بار دادن که مقدار کافی

سرب و سر باره در بوته کوره جمع شد آنوقت میتوان منافذ مربوطه را باز نمود و آنها را بیرون آورد ولی نباید تمام سر باره را از کوره خارج کرد زیرا سر باره باعث میشود که مواد بار زودتر گداخته شده و از حالت جامد و خمیره مبدل بحالت مایع و گداخته شوند.

سرب فلزی که در ته بوته گرد آمده بوسیله منفذ مربوطه خارج شده و در ظرف چدنی بزرگی جمع آوری میشود تا اینکه فضولات و «کف» و سر باره هائیکه در آن ممکن است موجود باشد بالا آمده و گرفته شود سپس سرب فلزی نسبتاً خالصی را با بوسیله هاشین و یا بوسیله دست در قالبهای مخصوص ریخته و بشکل شمش در میآورند برای اینکه مقداری زیادی سرب و نقره محتوی تبخیر و تصعید نشوند قسمت فوقانی کور باید زیاد گرم نگردد یعنی نزدیک به دهانه آن شعله موجود نباشد.

محصولات کوره و اثر ژاکت گداز سرب - محصولات کوره بلند گداز سرب عبارتند از شمش سرب خالص؛ مات سرب؛ سر باره؛ دود و غبارات دود کش؛ گاز متصاعده اینک بشرح مختصری از هر یک میپردازیم:

۱ - شمش سرب - سرب فلزی که در کف بوته کوره جمع میشود در قالبهایی بابعاد $۹۰ \times ۱۰ \times ۸$ سانتی متر و وزن ۴۰-۵۰ کیلو گرام ریخته شده آنها را شمش سرب و یا باصطلاح (Bullion) مینامند. شمشهای سرب اضافه بر مقداری نقره و طلا محتوی ناخالصیهایی از قبیل مس، آهن، روی، انتی موان و آرسنیک بوده که باید بر طرف گردد تا اینکه سرب نرم بدست آید. اگر مقدار طلا و نقره کم باشند ممکن است آنها را در سرب شمش بساقی گذاشت ولی این سرب نباید برای تبدیل به سفید آب شیخ بکار رود زیرا رنگ آن را قرمز میکند بقیه ناخالصیهای که ذکر شد باید بوسیله از سرب بیرون آورده شوند زیرا از خواص و ارزش فیزیکی و اقتصادی سرب میکاهند. در شمشهایی که مقدار نقره و طلا قابل ملاحظه است میتوان این دو فلز گران بها را بطریقی که بعداً ذکر خواهد شد استخراج نمود و بیازار فلزات عرضه نمود.

۲ - مات سرب - ماتیکه در کوره و اثر ژاکت سرب تولید میشود دارای این

ترکیب است : آهن ۴۵-۶۰٪، سرب ۱۰-۱۵٪، مس ۵-۱۰٪، گوگرد ۲۲-۲۵٪؛ و میتوان گفت از این حیث شباهت زیادی به مات مس دارد. چون مقدار سرب در مات زیاد است لذا آنرا در کناری جمع آوری کرده و بعداً در کوره تشویه گرما داده تا اینکه گوگرد آن بر طرف شود. سپس با مواد گداز آور مناسب در نسبتهای معین مخلوط کرده و جزء بار کوره بلند و اثر ژاکت محسوب میدارند.

۳ - سرباره - ترکیب سرباره در کوره بلند گداز سرب خیلی تغییر نمیکند بجهت اینکه مواد اولیه که در کوره گداخته میشوند دارای ترکیب شیمیائی متغیری میباشد. سرباره خوب نباید بیش از ۷/۱۰٪ سرب در بر داشته باشد و وزن مخصوص آن کمتر از ۳/۶ باشد و اگر نه بزحمت و بسختی از سرب شمش جدا خواهد شد.

ترکیب سرباره ممکن است در این حدود تغییر کند.

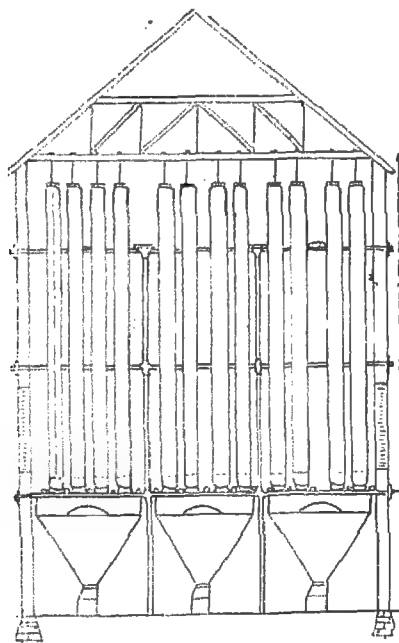


۴ - دوده و غبارات دودکش - دوده و غباراتی که در گداز مواد معدنی سرب تولید میشود به مراتب بیش از دوده ایست که در گداز مس بوجود میآید و گاهی اوقات این مواد ممکن است تا ۶۰٪ محتوی سرب باشند، از این لحاظ باید با وسائلی آنها را گرفت و جذب نمود و مانع اتلاف آنها شد. وسائلی که برای جذب و گرفتن آنها بکار میروند عبارتند از : ۱ - صافیهای کیسه‌ای - ۲ - دستگاه الکترو استاتیکی لوژ کنترل Lodge Cottrell که از وسائل جدید و مدرن بشمار میرود. در قدیم الایام بهترین وسیله گرفتن دوده‌های سرب، دودکش‌های افقی طولی بوده که طول آنها چندین کیلومتر میرسید مواد متصاعده را از دهانه کوره بداخل این دودکش‌های افقی هدایت نموده و در مسیر طولانی سرد شده و ذرات بشکل گرده در آمد، و در کف دودکش رسوب میکردند و هر چند مدت یکمرتبه بداخل این دالانهای افقی طولانی رفته و کف آنها را پاک کرده و مواد جمع شده را با آب آهک مخلوط کرده بشکل بریکت در آورده و مجدداً در کوره و اثر ژاکت میگذاختند.

صافیهای کیسه‌ای - ارزانترین و آسانترین وسیله برای گرفتن دوده و غباری که از دهانه کوره‌های گداز مس، سرب و روی متصاعده میشوند عبارتند از کیسه‌های کفنی یا پشمی که طبق شکل (۱۸۴) در اطاقی از سقف معاق میباشد. کیسه‌ها در اتاقی که ابعاد

آن مناسب با ظرفیت کوره است از سقف بطرف کف اتاق معلق بوده و در انتهای هریک وزنه ای آویزان است که آنها را کاملاً عمودی و آراسته است نگاه دارد.

گازی که محتوی دوده و غبارات است پس از خارج شدن از دهانه کوره و عبور از چندین لوله پولادی بمنظور سرد شدن، از قسمت تحتانی اتاق وارد شده و از درون کیسه ها بالا میرود بالاخره از منفذی که در قسمت فوقانی اتاق غبار گیر ساخته شده یا بدرون دود کش اصلی رفته و یا اینکه جهت ادامه عملیات نظافت، گاز بدستگاه لوژ کنترل میرود. ذرات سربی و غباراتی که در گاز موجودند روی سطوح کیسه ها نشسته و خالص فرج آنها را پر میکنند. چندی بعد که جریان گاز را قطع میکنند کیسه ها را بوسیله



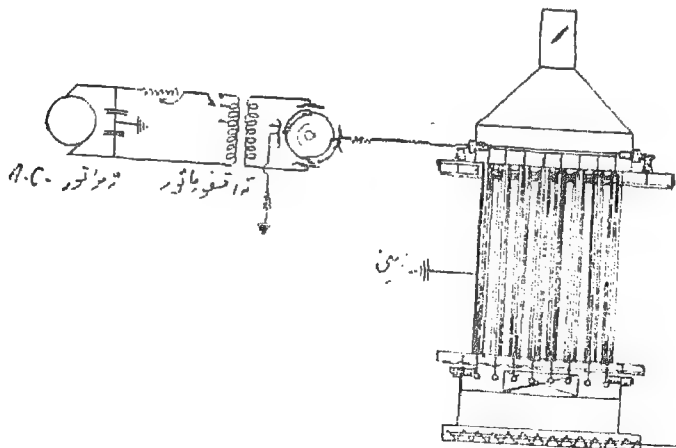
شکل (۱۸۴) صافیهای کیسه ای برای گرفتن دوده و غبارات گازهای متصاعده

وزنه هایی که بآنها آویزان میباشند بادست یا با وسایل مکانیکی شدیداً حرکت داده و در نتیجه ذرات و دوده ها را در ظرفی که در زیر کیسه ها قرار گرفته اند ریخته و بعداً آنها را با مقداری آب آهک و مواد چسبنده دیگری مخلوط نموده و بصورت بریکت در آورده و مجدداً در کوره ذوب میکنند و یا اینکه بشکل ترکیبات سربی که بعداً شرح

خواهیم داد بکار میبرند .

دستگاه لوژ کنترل Lodge Cottrell رسوب کننده لوژ کنترل عبارت است از چندین لوله فولادی بقطر ۱۲/۵ - ۲۰ سانتی متر و بطول ۶-۵ متر که بطور قائم در اطایق آویزان میباشند . در وسط هر يك از این لوله های قائم يك میسم مسی عایق شده آویزان میباشد و بوسیله وزنه که در انتهای آنها است قائم و آراسته نگاه داشته شده اند. در این سیم مسی يك جریان الکتریکی يك جهة بسیار قوی با اختلاف سطح بین ۲۵۰۰۰ و ۷۰۰۰۰ ولت در جریان است

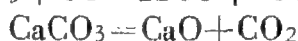
در عمل، جریان الکتریسته از سیم عبور کرده و بداخل سطوح درونی لوله میرود و در نتیجه بتمام ذرات موجود در دوده و غبارات يك بار الکتریکی منفی میدهد، و ذرات نامبرده بطرف سطوح درونی لوله جذب شده و روی آن مترسب میگرددند .
و قتی که مقدار کافی از ذرات و غبارات روی سطوح درونی لوله ها رسوب نمود جریان الکتریسته را قطع کرده و لوله ها را تکان داده تا اینکه ذرات برخاسته و در ظرفی که در ته لوله ها قرار گرفته اند ته نشین شوند و بعداً که مقدار کافی جمع آوری شد ظرف را بیرون آورده و مانند دوده های دیگر بشکل بریکت در آورده و مجدداً در کوره ذوب مینمایند؛ بنابراین بدین طریق گاز متصاعده را از ذرات و غبارات پاك و منزه میسازند .



شکل (۱۸۵) دستگاه غبار گیر الکتر و استاتیک (لوژ کنترل)

فعل و افعالات شیمیائی در کوره گداز سرد اگر کوره واتر ژاکت بطور معمول و طبیعی کار کند درجه گرمای دهانه آن باید در حدود ۲۰۰ سانتی گراد باشد

ز این مقدار گرما برای خشک کردن مواد اولیه و گرفتن رطوبت کافی میباشد. قدری پائین تر از سطح فوقانی بار عمل احیاء شدن اکسید آهن (فریک) در نتیجه متصاعد شدن گاز های گرم آغاز میگردد ولی باز قدری پائین تر سنک آهک تجزیه میشود. پس واضح است که هر قدر مواد اولیه در کوره پائین تر رود این دو فعل و انفعال سریعتر و شدیدتر صورت میگیرد و در ۸۰۰ درجه سانتیگراد که حد متوسط گرمای قسمت مرکزی کوره میباشد فعل و انفعالات مزبور خاتمه مییابد.



در این قسمت مقداری اکسید سرب PbO بوسیله گاز CO احیاء میگردد و فعل و انفعالات لازمه فیما بین PbO و PbS و PbSO_4 بترتیب وقوع یافته و در نتیجه سرب فازی آزاد شده و قطره قطره در بوته کوره جمع میگردد



در صورتیکه در مواد اولیه مقدار زیادی سولفور سرب PbS تشویه نشده موجود باشد برای احیاء شدن آن ممکن است قدری آهن اسقاط و کهنه بکوره داده شود، زیرا آهن عنصر گوگرد را از سرب گرفته و آنرا آزاد میسازد.



انتهی هوان موجود در بار نیز احیاء شده و با سرب آزاد گشته تشکیل همبسته می دهد. سرب آزاد بشکل قطراتی پائین آمده و در بوته جمع میگردد ولی در حین سقوط ذرات طلا و نقره که در مواد اولیه بار کوره موجود هستند در خود گرفته و به بوته میرود. چون مس میل ترکیبی شدیدی با گوگرد دارد لذا در این شرایط سولفور آن در کوره احیاء نمیگردد بلکه با سولفور آهن ترکیب شده و مات سرب را بوجود می آورد. مات مزبور میتواند در حدود ۱۰-۲۰٪ سرب دربرداشته باشد، این نوع مات را در موقع بیرون آوردن سرب فازی در کناری جمع کرده و بعداً جداگانه عمل میکنند و یا بکارخانه گداز مس میفرستند.

سولفات‌های کلسیم و باریم و روی که در بار هستند هریک بسولفور خود احیاء گشته و بداخل سر باره میروند؛ ولی اکسید آهن با سیلیس جدار نسوز کوره و سیلیس موجود در بار ترکیب شده تولید سیلیکات سیالی میکند. $\text{FeO} + \text{SiO}_2 = \text{FeSiO}_3$. سیلیکات نامبرده میتواند اکسیدهای عناصری از قبیل کلسیم - الومینیم - مانیزیم و غیره را در خود حل کرده و بصورت سر باره در آورده؛ ولی ترکیبات آرسنور تشکیل اشپایس (Speiss) می‌دهند.



در ناحیه گداز کوره که بلافاصله بالای مدخل لوله‌های دم قرار گرفته، شدت گرما بین ۹۰۰ و ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد بوده و در این ناحیه تمام مواد بشکل مایع میباشند. چون مایعات مختلف دارای اوزان مخصوص متغیری میباشند: مثلاً سرب ۱۱/۵؛ اشپایس ۶؛ مات ۵/۲؛ سر باره ۳/۶؛ لذا آنها بر حسب سنگینی خود در بوته کوره روی یکدیگر قرار میگیرند و از اینجهت میتوان سرب فلزی نسبتاً خالصی را از منفذ مخصوص خود که در قاعده بوته ساخته شده است بیرون آورد ولی اشپایس، مات و سر باره را از يك منفذ دیگری که قدری بالاتر است بیرون آورده و هریک را بمنظوری بکار میبرند.

سوخت کوره کک، زغال چوب و یا مخلوطی از هر دو میباشد؛ مقدار آن باید بین ۱۰-۱۵٪ وزن بار کوره باشد ولی اگر در مواد اولیه سرب که بار کوره را تشکیل می‌دهند ناخالصیهای زیادی از قبیل روی، مانگانهز، باریم، مس و کلسیم موجود باشند بدیهی است که مقدار سوخت لازم بیشتر خواهد شد تا احیاء نمودن عناصر مزبور امکان پذیر باشد.

نرم کردن و جدانمودن نقره از سرب

در بعضی از مواد اولیه سرب که عاری از نقره و عناصر دیگر میباشند پس از گداز آنها يك سرب نسبتاً نرمی حاصل میشود که ممکن است با اندك تصفیه مستقیماً در کارهای صنعتی بکار رود ولی اغلب سنگهای معدنی سرب خصوصاً گالن

که مهمترین ماده اولیه بسیاری از کارخانجات گداز سرب بشمار میرود اضافه بر نقره و طلا محتوی عناصری از قبیل :

مس ، قلع ، آرسنیک ، انتی موان ، گوگرد ، آهن ، نیکل و روی در اندازه های متغیر بوده که سرب حاصله را سخت میکنند . از این لحاظ سرب را باید تحت عملیات «نرم» کردن قرارداد تا اینکه قبل از گرفتن نقره و طلا ، ناخالصیهای فلزی را برطرف نموده و یک عمل تصفیه مقدماتی انجام داد .

نرم کردن سرب شمشی^(۱) ممکن است در کوره کوچک شعله ای تصفیه و یا در باتیمهای چدنی بظرفیت ۱۰-۳۰ تن انجام گردد . عملیات نرم کردن به دو مرحله تقسیم شده است : در مرحله نخست شمش های سرب را در وسط کوره چیده ، دربهای آنرا محکم بسته و گرما را متدرجاً زیاد کرده تا اینکه شمش ها گداخته شده و بحالت مایع در آیند . برای مدت دو ساعت سرب گداخته را بدین دخول هوا در گرمائی که قدری بالاتر از درجه گدازان میباشد یعنی در حدود ۳۵۰ است درجه نگاه می دارند تا اینکه کف و فضولات که محتوی ناخالصی هستند بالا آمده و روی آن جمع شوند . سپس این فضولات را بوسیله ملعقه سوراخ داری از روی سطح سرب مذاب برداشته و کناری انباشته تا بموقع آنها را عمل کنند . در این کثافات اولیه کلیه مس محتوی در سرب و قدری آهن و گوگرد وجود خواهد داشت و دارای این ترکیب خواهد بود : سرب ۶۰٪ ؛ مس ۱۸٪ ، آرسنیک ۲٪ . در مرحله دوم یعنی پس از برطرف نمودن کف و فضولات مشروطه در بالا ، درجه گرمای کوره را بالا برده و حدود ۶۰۰-۶۵۰ سانتی گراد می رسانند و هوای خارج را با باز کردن دربها بدرون کوره وارد میکنند تا اینکه یک اتمسفر اکسید کننده در فضای درونی آن حکمفرما باشد . در این حالت سرب ، آرسنیک و انتی موان اکسیده شده و یک سر باره لیشارژی صورت میگیرد که روی سطح سرب گداخته را میپوشاند و مانع شدت نفوذ اکسیداسیون میگردد .

کوره را در این حالت و در این درجه گرما مدت ۱۲ ساعت نگاه می دارند تا اینکه تمام ناخالصیهای موجود فرصت اکسیده شدن و بالا آمدن را داشته باشند ؛

بعداً تمام اینگونه فضولات را بوسیله ملعقه برطرف کرده و درجه گرمای سرب را پایین آورده و سرب نرم شده را از کوره بیرون میآورند که بعداً تحت عملیات جدا کردن نقره بطریقه قریباً ذکر خواهد شد قرار گیرد.

جدا کردن نقره از سرب - بغیر از طریقه کوپلاسیون که در موارد بخصوص بکار میرود، کلیه نقره و طلائی که در سربهای شمشیری موجودند در دو طریقه اصلی که موسوم به طریقه پاتینسون و طریقه پارکس میباشد استخراج میگردند.

طریقه پاتینسون (Pattinson process) روش پاتینسون از بر روی این اصل قرار گرفته که هرگاه فلز مذابی که محتوی مقدار کمی از عنصر فلزی دیگری باشد شروع به تبلور نماید، بلورهاییکه در وهله اول جدا میگردند از فلز اصلی تشکیل یافته و تمایل بدفع فلز دومی دارند. در این مورد اگر سرب که محتوی مقادیر جزئی نقره و طلا باشد، در ظرفی گذاخته شود و بعداً بتدریج و بتانی سرد شود، بلورهای اولیه که از محلول فلزی جدا میگردند خالص بوده و مقادیر بسیار کمی نقره در بر خواهند داشت. این بلورهای اولیه را میتوان در ظرف دیگری گذاشت و مجدداً گرما داد و با سرب بیشتری مخلوط کرد و این رویه را هم چنان ادامه داد تا اینکه از یکطرف سرب بدون نقره و از طرف دیگر سربی که از نقره اشباع شده است بدست آید. در اثر گرم و سرد کردن و تبلور نمودن دو محصول بدست میآید که یکی سرب نرمی است محتوی $38/5$ گرام نقره در تن و دومی سربی است که محتوی $13/95$ کیلو گرام نقره در هر تن میباشد.

از نقطه نظر تئوری ممکن است اشباع نقره در سرب تا $21/15$ کیلو گرام نقره در تن برسد ولی در عمل تا 14 کیلو گرام محدود بوده و بیشتر نخواهد شد. محصول دومی که محتوی نقره است بعداً کوپل نموده و همبسته از طلا و نقره بدست میآید که میتوان بطریقی که در مبحث استخراج طلا ذکر خواهد شد از یکدیگر جدا نمود.

شرح عملیات - جدا کردن نقره از سرب در یکعده پاتیلهای بزرگ چدنی که هر یک بظرفیت $15-6$ تن میباشد صورت میگیرد. پاتیلهای چدنی که تعداد آنها 15

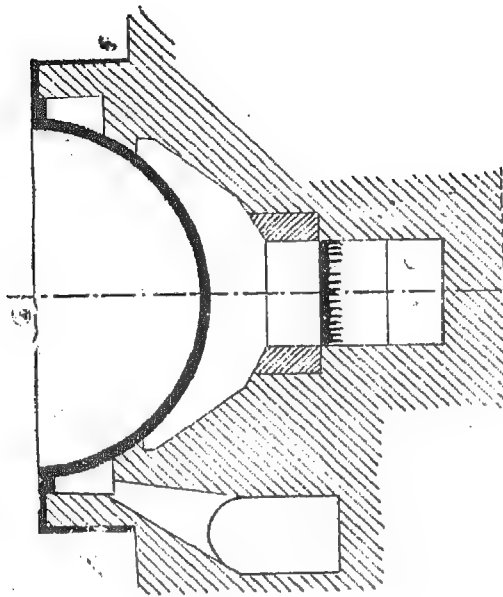
است در روی اجاقهای عالیجده کار گذارده شده بطوریکه میتوان هر يك را مستقلاً آتش کرد و یا آتش آن را خاموش نمود. پاتیلها را در يك ردیف یکی بعد از دیگری قرار داده بقسمی که محتوی نقره در پاتیل اولی در حد اقل و در پاتیل آخری بحد اکثر میباشد. مثلاً اگر محتوی نقره در سربی که در پاتیل اولی است در حدود ۳۸/۸ گرام در تن باشد، پاتیل نمره ۷ دارای ۳۳۰ گرام نقره در تن و پاتیل آخری یعنی نمره ۱۵ محتوی ۱۳/۹۹۵ کیلوگرام نقره در تن که حداکثر است خواهد بود. سربیکه نقره آن باید گرفته شود بداخل پاتیلی گذارده میشود که مقدار نقره آن برابر نقره محتوی در یکی از پاتیلها باشد.

سرب نقره دار را ابتدا در آزهایشگاه تجزیه کرده و مقدار نقره آن را دقیقاً معلوم میکنند، بعداً در يك پاتیل مثلاً پاتیل نمره ۷ سرب را ریخته حرارت داده و بعداً بتدریج سرد میکنند یعنی آتش اجاق را بتدریج کم میکنند تا عمل تبلور (Crystallisation) آغاز گردد. بلورهای اولیه را بوسیله ملعقه سوراخ داری از درون پاتیل بیرون آورده و به پاتیل نمره ۶ انتقال می دهند و آنچه بشکل سرب مایع باقی میماند به پاتیل نمره ۸ انتقال داده میشود. دومتبه پاتیل نمره ۷ را از سرب اصلی بر کرده و این عمل را تکرار میکنند. در عین حال عمل تبلور در سایر پاتیلها ادامه دارد بقسمی که سرب متبلور خالص بطرف پاتیل نمره ۱ و سرب مایع که از نقره اشباع است بطرف پاتیل آخری یعنی نمره ۱۵ برده شود و بدینقسم، قسمت اعظم نقره از سرب مجزا میگردد.

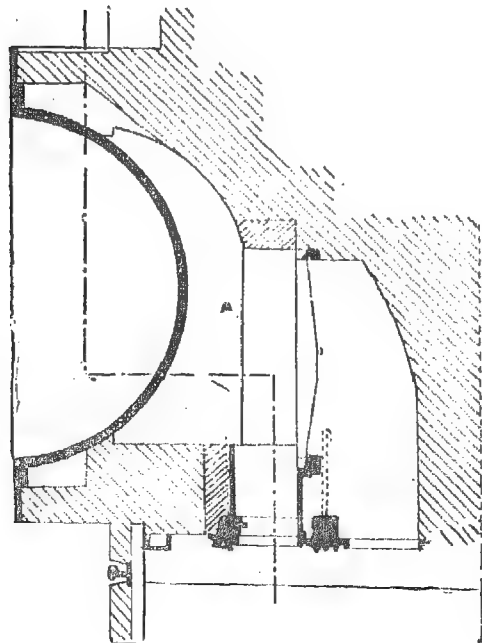
نقل و انتقال سرب متبلور خالص و سرب مایع نقره دار از پاتیلی به پاتیل دیگر بادست کار بطئی و مشکلی است و از اینجهت در کارخانجات بزرگ وسایلی برای برداشتن و نقل و انتقال پاتیلها بکار میرود.

نظر باینکه هزینه عملیات و ساختمان پاتیلها در طریقه یاتینسون زیاد است، لذا این طریقه نسبتاً متروک شده و جای خود را بطریقه پارکس یا طریقه زینکاز داده است. مهمترین مزیت این طریقه این است که عنصر مودی بیزموت را نیز برطرف

میکنند ولی این را باید گفت که مواد معدنی که محتوی نیزهوت میباشند کمتر در گداز
سرب بکار میروند.



نمای پاتیل و اجاق از سمت جلو
شکل (۱۸۶)



نمای پاتیل و اجاق از سمت راست
شکل (۱۸۷)

طریقه پارکس یا طریقه زینکاثر (Parkes proces) - این طریقه برای این عمل شیمیائی استوار گشته که هرگاه سرب طلا و نقره داری را گداخته و در آن مقدار کمی، ۱-۲٪ فلز روی مخلوط کرده و خوب بهم زنند، روی با نقره و طلای موجود در سرب تشکیل همبسته سبک وزنی داده و چون دارای وزن مخصوص کمتری از سرب محلول بوده بالا آمده و روی سطح سرب گداخته شناور میگردد. در این صورت میتوان آن را مانند کف و فضولات فلزات مذاب بوسیله آلت و یا ملعقه برداشت، و در نتیجه محتوی نقره و طلای سرب را پائین آورد. این عمل ممکن است چندین دفعه تکرار شود تا اینکه مقدار فلزات گران بهای محتوی در سرب شمشی به حداقل برسد.

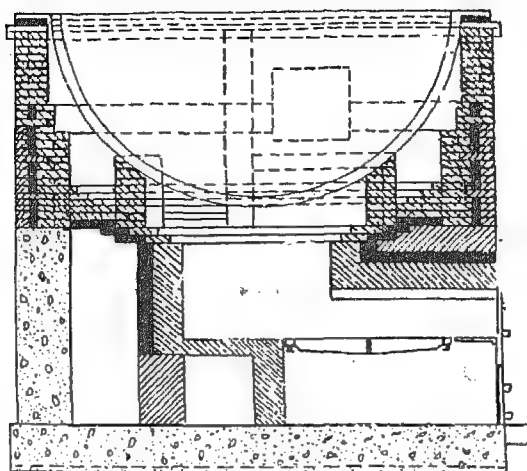
در این طریقه، برعکس طریقه پاتینسون ممکن است مقدار نقره در همبسته روی و نقره تا ۱۲۴/۵ کیلو گرام نقره در تن تمرکز پیدا کند و بدین مناسبت از مقدار سرب بیکه در کوپل تبخیر و تصعید میگردد کمیت قابل ملاحظه ای بکاهد.

شرح عملیات - جدا کردن نقره از سرب در این طریقه ایضا در پاتیل های بزرگ چدنی بر حسب ظرفیت کارخانه صورت میگردد. در شکل (۱۸۷) برش قائم یکی از این پاتیلها را که روی اجاق و ساختمان اصلی قرار گرفته مشاهده میگردد. قطر پاتیل بخصوص در حدود ۳ متر و گودی آن ۱/۱۵ متر میباشد و گنجایش ۱۰۰ تن سرب را دارد.

اساس و شالوده ساختمان اجاق و مقر پاتیل چدنی باید بتون مساح و تیرهای پولادی باشد که بتواند فشار ۱۲۰-۱۳۰ تن را بخوبی تحمل کند.

پاتیل را از سرب گداخته پر کرده و آتش اجاق را روشن نموده و مقداری فلز روی بشکل شمش و بشکل سرباره عملیات قبلی در آن فرو برده و مدتی در این حال نگاه میدارند تا روی در سرب ذوب گردد، بعداً بوسیله دستگاهی که متصل به پروانه قوی است مخلوط گداخته را بهم زده تا اینکه نقره و طلای موجود در سرب با فلز روی تولید همبسته بنماید و بتدریج بالا آید. در نتیجه پائین آوردن درجه گرمای پاتیل، بر سطح گداخته سرب یک قشری می بندد و این قشر را با آلت مخصوصی برداشته

و تحت فشار قرار میدهند تا اینکه ذرات و قطرات سرب بیرون آید.



پاییل (۹۰ تنی) جهت گرفتن نقره از سرب
طریقه زینکاژ (Zincage)

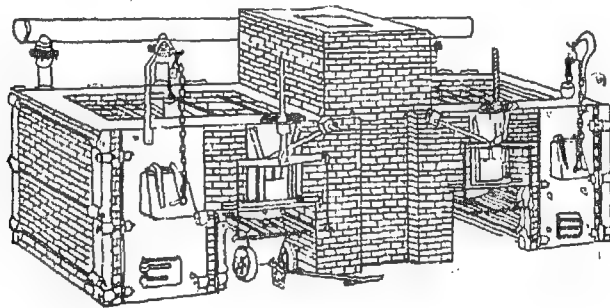
شکل (۱۸۷)

همبسته نقره و روی جسمی است نسبتاً سخت و شکننده و بسپوات شکسته شده و بقطعات مناسبی برای وارد کردن در بوته درمیآید، اینعمل زینکینگ (Zinking) یا زینکاژ (Zincage) را باید چندین مرتبه تکرار نمود تا اینکه کلیه نقره از سرب گرفته شود. البته ناگفته نماند که مقدار کمی روی در حدود ۰/۰۷٪ در سرب اصلی همچنان باقی خواهد ماند. بعداً سرب را در کوره شعله ای کوچکی انتقال داده و در آنجا سرب گداخته را برای مدت ۱۲ ساعت در گرمای ۵۴۰ درجه سانتی گراد نگاه می دارند و در ضمن، هوا یا بخار بدرون آن میدهند که روی و ناخالصیهای دیگر اکسیده شده و بشکل کف و فضولات بالا آمده و سرب خالص و نرمی حاصل شود.

تقطیر - برای بدست آوردن نقره و طلا، همبسته روی و نقره را که در طریقه زینکاژ بدست آمده در بوته گرافیتی بظرفیت ۵۰ کیلو با مقداری زغال چوب قرار داده و یک آلت تقطیر کننده بدان متصل نموده و بوته را بر روی اجاقی حرارت داده تا اینکه روی فلزی در گرمای ۱۰۰۰ الی ۱۱۰۰ درجه تبخیر شده و در ظرف دیگری تقطیر

گردد و بشکل شمش برای عملیات بعدی ریخته شود. پس از آنکه قسمت معظم روی از طریق تبخیر و تقطیر برطرف گردید آنچه در بوتۀ اصلی باقی میماند عبارت است از نقره، طلا و سرب که آنها را نیز بصورت شمش در میآورند و در کوره کوپلاسیون کوپل نموده و فلزات قیمتی را استخراج میکنند.

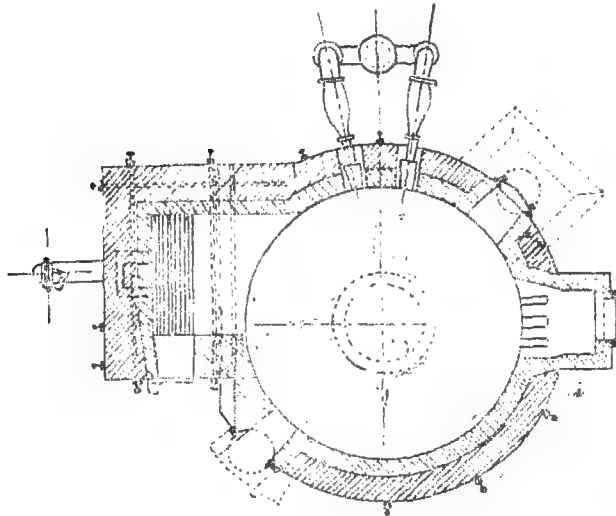
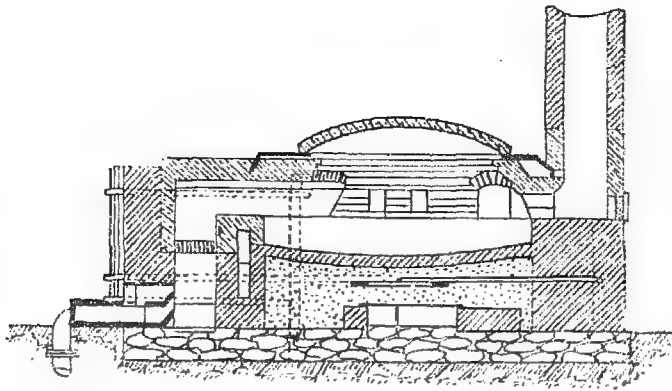
کوپلاسیون (Cupellation) مرحله بعدی در عملیات استخراج نقره از سرب عمل کوپلاسیون میباشد و عمل مزبور در کوره که بهمان اسم معروف است صورت میگردد. کوره کوپلاسیون عیناً مانند يك کوره کوچک شعله ایست جز اینکه کف آن متحرک و از خاکستر استخوان و سیمان پرتلاند ساخته میشود و برای هر دفعه باید آن را از نو ساخت. قالب و اسکلت کف اصلی کوره از چند حلقه بیضی شکل که روی شاسی يك واگن قرار گرفته تشکیل میشود. در خارج کوره، مخلوطی از خاکستر استخوان و سیمان پرتلاند مانند خمیری درست کرده و داخل



کوره کوپلاسیون CUPPELLATION FURNACE
شکل (۱۸۸)

این حلقه ها میگذارند قسمی که وسط کف آن گودالی یا فرو رفتگی به عمق ۹ سانتیمتر تولید شود. پس از خشک شدن، آن را با واگن حرکت داده و بداخل کوره برده و با بالا آوردن چرخهای واگن کف کوره را هم سطح ساخته، آن داخلی کوره میسازند. پس از آنکه کف یا کوپل کوره در کوره جای گرفت همبسته و ترکیببات نقره و سربیکه از دو طریقۀ بالا بدست آمده در وسط آن میگذارند و بوسیله سوخت مایع و یا جامد

گرمای دهند تا اینکه مواد ذوب شده و بحالت مایع در آیند.



شکل (۱۸۹) يك كوره گوبلاسیون دیگر (نوع آلمانی)

مقداری از سرب - مس - آهن و روی اگر موجود باشند اکسیده شده و بشکل کف روی سرب گداخته ایستاده که بوسیله پاروئی بیرون آورده شوند. بعداً از دریچه مخصوصی هوا در تحت فشار وارد کرده تا اینکه کلیه سرب اکسیده شود و یا بخورد کوپل (کف کوره) برود. این عمل همچنان ادامه دارد تا اینکه تمام سرب تبخیر شده و ازین برود و همبسته نقره و طلا در کوپل باقی بماند. نقره و طلا را بوسیله ملعقه‌هایی بیرون آورده و در شمش‌های ۳۲ کیلوئی می‌ریزند. شمش‌های نامبرده

را یا مستقیماً بضرابخانه و یا بانکی فروخته و یا آنرا تصفیه نموده و طلا و نقره را از یکدیگر جدا نموده و علیحده بفروش میرسانند.

تصفیه الکتریکی سرب - طریقه بتس (Betts process). الکترولیز سرب بطریق بتس یگانه طریقی است که موفقیت بازرگانی پیدا کرده و در چند کارخانه در کشورهای کانادا، انگلستان و ایالات متحده امریکا عمل میشود. سرب خالص را بشکل کاتود و نقره و طلای موجود در سرب را بشکل «لجن انود» بدست میآورند. اصول الکترولیز که در روش بتس بکار میرود عیناً مانند اصولی است که در روش تصفیه الکتریکی مس در سیستم مضاعف (پارالل) بکار می رود؛ و اختلاف موجود فقط در محلول الکترولیت و جزئیات ساختمان حوضچه ها و مقدار نیروی الکتریسته و غیره میباشد.

عمل تصفیه مختصراً از این قرار است: سرب نقره دار را در کوره گداخته و در قالب های انود ریخته و بشکل انود در می آورند و آنها را فیما بین کاتود که از صفحات سرب بسیار خالص ساخته شده در حوضچه های الکترولیز آویزان میکنند. محلول الکترولیت از فلوسیلیکات سرب بفورمول (PbSiF_6) و اسید فلوسیلیسیک (H_2SiF_6) تشکیل شده است در اثر عبور جریان مستقیم از درون انود و محلول الکترولیت، فلوسیلیکات سرب تجزیه شده و به یونهای (Pb) و (SiF_6) تفکیک میگرددند یونهای (Pb) بطرف کاتود و یونهای (SiF_6) بطرف انود میروند و هریک بار الکتریکی خود را از دست داده و روی سطح انود و کاتود می نشینند. ناخالصیهای موجود در انود یا روی سطح انود خورده شده، باقی میمانند و یا اینکه در محلول الکترولیت افتاده و در ته حوضچه ها ته نشین میشوند که بعداً بیرون آورده شده و نقره و طلای آنها گرفته شود.

برای ساختن محلول الکترولیت لازم است ابتداء اسید فلوریدریک (HF) را ساخت و بعداً آنرا مبدل به اسید فلوسیلیسیک و فلوسیلیکات سرب نمود.

جهت اینکار فلوراسپار فلورور کلسیم (CaF_2) را کاملاً خورده و با اسید سولفوریک به نسبت $\frac{1}{4}$ به ۲ به ۳ مخلوط نموده و در یک پاتیل چدنی یا فولادی گرما

داده تا اینکه (HF) مبدل به (H_2SiF_6) گردد . برای ساختن فلوسیلیکات سرب ممکن است سفید آب شیخ، یعنی کربنات سفید و قلیائی سرب را در اسید فلوسیلیسیمیک حل نموده تا اینکه ($PSiF_6$) حاصل شود . این دو محلول را در حوضچه‌های الکترولیز که از تخته ساخته شده‌اند و درون آنها از اسفالت اندود گردیده به نسبت معینی ریخته و انود و کاتود را در این حوضچه‌ها آویزان میکنند .

معمولاً انودها را از شمش سرب نقره‌دار ریخته و بابعاد $۰/۹۰ \times ۰/۶۰ \times ۰/۳۰$ متر و بوزن ۲۰۰ کیلو گرام میباشند . کاتود را از سرب صد در صد خالص در صفحات نازک و بابعاد قدری بزرگتر از انود ساخته و باهم بطرز اتصال مضاعف در حوضچه‌ها آویزان میکنند .

اختلاف سطح الکتریکی در هر حوضچه در حدود $۰/۴$ وات و شدت جریان الکتریسته ۱۶ آمپر برای هر فوت مربع سطح کاتود میباشد . فاصله انودها از یکدیگر ۱۰ سانتیمتر مرکز بمرکز بوده و در وسط آنها کاتودها قرار میگیرند درجه گرمای الکترولیت باید ۴۰° درجه سانتی گراد و محتوی $۰/۲\%$ سرب و $۰/۸\%$ H_2SiF_6 آزاد باشد .

مقدار سربی که در هر یک کیلووات ساعت بر روی کاتود مترسب میگردد بین $۸/۳ - ۹/۵$ کیلو گرام بوده و بر حسب شدت جریان و مقاومت تغییر میکند اگر در سرب فلزات روی؛ آهن؛ کبالت و نیکل موجود باشند، عناصر مزبور در محلول الکترولیت حل گشته و پس از اندکی آنرا از قوت میاندازند، از اینجهت هر روز مقداری الکترولیت را باید بیرون آورد و بجای آن محلول تازه و خالصی در حوضچه‌ها ریخت که عملیات الکترولیز بدون مانع پیشرفت کند . و سرب خالص بدست آید .

مزایای این طریقه در این است که: اولاً بازده سرب خالص بیشتر است . دوماً سرب خالص بدون بیزموث بدست میآید ولی در عوض مقدار بیشتری نقره در سرب باقی میماند ترکیب شیمیائی سرب انود که در اینطریقه تصفیه میگردد و ترکیب سرب خالص که بدست میآید و ترکیب لجن انود که محتوی فلزات گرانبهامی باشد از اینقرار است .

ترکیب شیمیائی سرب انود - سرب $۹۷/۶۰\%$ ؛ نقره $۴/۵\%$ کیلوگرام در تن؛
طلا $۰/۵۰\%$ کیلوگرام در تن؛ بیزموت $۲۹۱/۰\%$ ؛ مس $۰/۰۵۵\%$ ؛ آرسنیک $۳۵۲/۰\%$ ؛
انٹی موان $۱/۰۸۹\%$ ؛ تلوریم $۰/۰۲۳\%$.

ترکیب شیمیائی سرب تصفیه شده - سرب $۹۹/۹۸\%$ ؛ نقره ۱۲% گرام در تن؛ طلا
فقط اثر؛ بیزموت $۱۹/۰۰۰\%$ ؛ مس $۲۵/۰۰۰\%$ ؛ آرسنیک $۱۴/۰۰۰\%$ ؛ انٹی موان
 $۰/۰۰۰۹\%$ ؛ تلوریم صفر؛ آهن $۰/۰۰۲۲\%$.

ترکیب لجن انود - نقره $۱۱۲/۳۲\%$ کیلوگرام در تن؛ طلا $۱/۲۵۳\%$ کیلوگرام در تن؛
سرب $۱۷/۸۷\%$ ؛ بیزموت $۹۸/۹\%$ ؛ مس $۱/۳\%$ ؛ آرسنیک $۲۵/۷\%$ ؛ انٹی موان $۲۸/۰۳\%$ ؛
تلوریم $۰/۰۷۸\%$.

استخراج سرب از مواد اولیه بطریق تر

استخراج سرب از مواد معدنی در طرق پیرومتالورژی مناسب مواد اولیه ایست
که در محتوی سرب غنی بوده و یا در نتیجه آرایش و تهیه با وسایل مختلف شست و شو
و فلوتاسیون محتوی سرب آنها را به $۴۰-۶۰\%$ رسانیده اند، ولی در نتیجه بهره برداری
زیاد و مستمر و استفاده زیاد از منابع غنی؛ مواد اولیه درجه یک و اعلا رو با تمام
است و یا اینکه در اثر جستجو و کاوش مواد اولیه پیدا شده که استخراج محتوی
فلزی آنها دیگر بطریقه آتشی مقرون بصرفه نمیباشد؛ البته در این گونه موارد طریقه تر
شیمیائی بهترین راه استخراج فلزات خواهد بود. برای سرب طرق مختلفی وضع
گردیده که مهمترین آنها عبارتند از حل کردن املاح سرب در محلول نمک طعام یا
در محلول قوی کلورور کلسیم CaCl_2 و یا کلورور مانیزیم MgCl_2 و بعداً سرب را روی
آهن ابری (اسفنج) رسوب داده و با بوسیله الکترولیز بدست میآورند.

مواد استعمال سرب

در کارهای صنعتی سه نوع سرب بکار میرود.

۱- سرب خالص فلزی ۲- همبسته سرب با فلزات دیگر ۳- ترکیب شیمیائی سرب
و املاح آن:

۱- سرب را بشکل فلز خالص در ساختن لوله برای آب و مواد شیمیائی

اسیدی و قلیائی؛ جهت پوشش و روکش کابل های الکتریکی و بشکل ورقه و صفحه و استر حوضهای بزرگ محتوی مواد اسیدی و قلیائی و آستر درون ماشین ها و تلمبه جات کارخانجات شیمیائی که دائماً با اسید سروکار دارند زیاد بکار میبرند .
سرب را برای گرفتن نقره و طلا از مواد معدنی دیگر در طریقه کوپلاسیون استعمال میکنند .

۲- سرب بسهولت و آسانی با بسیاری از فلزات تشکیل همبسته داده و در نسبت های مختلف تولید ترکیبات متنوعی مینماید .

همبسته هایی که اهمیت صنعتی زیادی دارند عبارتند از فلز چاپ و مطبعه ؛ فلز یاتاقان (فلزات ضد اصطکاک) ؛ فلز ساچمه ؛ فلز اجیم ؛ فلز ریخته گری و فلزات زود گداز و غیره .

فلزات چاپ از ۸۳٪ سرب و ۱۷٪ آنتی موان و یا از ۹ قسمت سرب و ۲ قسمت آنتی موان و ۳ قسمت بیزموت میسازند . در سربی که برای ساختن ساچمه بکار میبرند مقدار ۲٪ آرسنیک اضافه میکنند که هم سخت و هم کاملاً کروی گردد . فلز یاتاقان از سرب و آنتی موان و قدری مس و روی و قلع تشکیل میشود . ارزان ترین اجیم سربی همبسته ایست که محتوی ۷۰٪ سرب و ۳۰٪ قلع دربرداشته باشد . همبسته ای که از ۳ قسمت سرب و یک قسمت قلع تشکیل یافته باشد در ۲۲۳ درجه سانتی گراد گداخته میشود . اگر مقدار قلع به ۶۵٪ برسد ، آنوقت گرمای گداز به ۱۷۱ درجه سانتیگراد تنزل مییابد . اضافه نمودن فلزاتی از قبیل بیزموت ؛ کادمیم و جیوه به سرب درجه گداز همبسته را حتی از درجه قلیان آب پائین تر میآورد .

جدول ۴۳۶ مترین همبسته های صنعتی سرب

اسم همبسته یا فلز	سرب Pb ٪	انتی موان Sb ٪	قلع Sn ٪	مس Cu ٪
فلز چاپ بهترین نوع	۵۰	۲۵	۲۵	
نوع آلمانی	۷۵	۲۳	۲	
معمولی	۷۰	۱۸	۱۰	۰.۲٪ مس
فرانسوی	۶۰	۴۰	۱۰	
لینوتايب امريكائى (Linotype)	۵۵	۱۲	۵	
فلز گلوله خمپاره	۸۵	۶	۳	
فلز گداز آورهكاكى فلزی	۹۴	۴۰		
فلز (Bearing) امريكائى	۶۰	۱۵		
— — —	۸۵	۱۳		
— — —	۸۷	۵-۳		
برای استر نازك	۹۴	۱۲-۱۰	۱۵	
برای استر كلفت	۸۶	—	۲	
فلز لحیم نمره ۱	۳۴	—	۶۶	
نمره ۲	۵۰	—	۵۰	
نمره ۳	۶۶	۷	۳۴	
فلز یا تافاق (ضد اصطكاك) بارسنگین	۸۵	۱۰	۶	۰.۲-۰.۵٪
— — — بارسبك	۶۲		۲۷	۰.۵٪ ارسنیک
فلز ساجمه فشك	۹۹۵-۹۹۸			

۳- بزرگترین استعمال کننده ترکیبات شیمیایی و املاح سرب صنایع رنگ سازی است زیرا ماده اصلی بسیاری از رنگها، سفید آب شیخ یا باصطلاح کربنات قلیایی سرب است که فورمول آن $[2(PbCO_3) \cdot Pb(OH)_2]$ میباشد.

سفید آب شیخ را به تنهایی و یا با اکسید روی و سولفات باریم و روغن بزرگ باروغن های دیگر بکار میبرند.

سرب سرخ - یا سر فچ که فورمول آن Pb_3O_4 میباشد برای رنگ کردن قطعات آهن چدنی و پولادی از قبیل کشتی ها؛ پلهای فلزی؛ نرده ها و لوله ها زیاد بکار میرود. در لوله کشتی برای آب بندی اتصالات و در صنعت شیشه سازی زیاد مورد استعمال دارد. لیتاثر - یا اکسید سرب PbO بعنوان ماده گداز آوره و در صنایع لاستیک سازی شیشه سازی و غیره زیاد مورد استعمال دارند. املاح دیگر سرب در کارهای شیمیایی کوچک و در آزمایشگاه ها و در داروهای پزشکی مورد استفاده واقع میشوند

ترکیبات مهم سربی از این قرارند:

لیتارژ (Litharge) یا مونواکسید سرب PbO - این اکسید مهمترین اکسید سرب است که در کارهای استخراج فلزات بعنوان ماده گداز آور و در صنایع دیگر بکار میرود. لیتارژ در دو حالت بوجود میآید، اولی موسوم به ماسیکوت (Massicot) و دومی به لیتارژ Litharge است. ماسیکوت نوع بی شکل و غیر متبلو و برنک زرد است و از گرما دادن سرب در یک کوره با کف و قاعده مسطح و کم ژرفی حاصل میشود ولی اگر درجه گرما را زیاد کنند، PbO ذوب شده و در حین انجماد متبلور گشته و لیتارژ بدست میآید. لیتارژ با اکسیدهای کم به تنهایی گداخته نمیشوند از قبیل A_2O_3, MgO, BaO, CaO ترکیبات زود گدازی تولید میکنند. لیتارژ اکسیژن خود را بسهولة آسانی بعناصری مانند $S, Te, As, Bi, Cu, Zn, Fe$ میدهد و آنها را به اکسید مبدل می نماید.

سرنج یا Minium - اکسید سرخ سرب که فورمول شیمیائی آن Pb^3O_4 و از امتزاج $PbO + 2PbO_2$ بوجود میآید. سرنج مینمایند. اگر لیتارژ را در 150° درجه سانتی گراد حرارت داده و هوا را زیاد کنند آنوقت سرب سرخ حاصل میشود. بی اکسید سرب PbO یک اکسید کننده بسیار قوی است که با فسفر منفجر میگردد و این ماده را در صنایع کبریت سازی و باتریها زیاد بکار میبرند.

سفیداب شیخ^(۱) - کربنات و هیدرات سرب که بقدر مول $(Pb(OH)_2)$ و $(PbCO_3)_2$ میباشد سفید آب شیخ معروف است. در صنعت به دو طریق یکی کند موسوم به روش هاندی و دوم طریقه تند و جدید میسازند در طریق کند هاندی صفحات نازک سرب خالص بی نقره را روی ظروف (کاسه) گلی یا سفالی که محتوی اسید استیک میباشد قرار داده و اطراف آنها را از پهن تازه و یا پوست پوسیده درخت که بتواند تولید گاز کربنیک بنماید می پوشانند و در این حالت تا مدت ۹۰ روز نگاه میدارند تا اینکه سطوح صفحات سرب خورده شده و یک قشر کربنات و هیدرات روی آن پوشیده شود بعداً این گرد را از بقیه سرب جدا کرده تمیز نموده و بشکل سفیداب شیخ بکار میبرند.

در طریقه سریع و جدید، سرب را بشکل گگرد ریز در آورده و با اسید

آستیک مخلوط کرده و بدرون آن گاز CO_2 که در تحت فشار است میدهند تا سفید آب شینخ تولید شود

استخراج سرب در ایران

آثار و علائم مواد معدنی سرب چه از نوع سولفور و چه از نوع کربنات در بسیاری از نقاط کشور که اسامی آنها در آخر این فصل داده شده یافت میشود ولی از طرف دولت هیچگونه اقدامی برای استخراج این فلز صنعتی تا بحال بعمل نیامده و اغلب معادن مهم سرب را از طریق مزایده باشخاص یا شرکت هائی واگذار مینمایند.

مهمترین شرکت که سرب را استخراج کرده، بصورت شمش های ۴۵ کیلو گرامی در بازارهای تهران و شهرستانها عرضه میدارد، شرکت «صدریه» است که میتواند آنرا تنها و یگانه شرکت استخراج فلز در تمام کشور پهناور ایران دانست؛ زیرا هیچ مؤسسه ملی دیگری وجود ندارد که مواد معدنی فلز را از قشر زمین بیرون آورده، گداخته و تصفیه نموده و بصورت فلز قابل استعمال و استفاده مستقیم در آورد و به بازار بیاورد. معادنی که در اختیار و امتیاز شرکت صدریه میباشد عبارتند از معدن نخلک و چاه خربوزه که هر دوی آنها در ناحیه انارک واقع اند.

مواد معدنی سرب در این دو معدن از سولفور و کربنات تشکیل یافته و سنگ کوه هر دو معدن کنگاو مرآت (جوش سیلیس دار) میباشد در نتیجه یک مخلوطی زود گدازی بدست می آید که استخراج و گدازان نسبتاً آسان است.

اصول استخراج - مواد معدنی سرب را از دو معدن سرب بر هیخته و پس از سنگ جو ری و طبقه بندی بادست و سرند نمودن سنگهای درشت فلز دار را در کناری انباشته و موادیکه بصورت خاکه و نرمه بوده در لاولک با آب شسته که ذرات فلزی از مواد خاکی جدا گردد بعداً مواد شسته شده را با دست بشگل نواله در میآورند و در آفتاب خشک میکنند بار کوره را از مخلوطی از ۲ سنگ سرب دار که قسمتی از آنها بشکل نواله است

و ۱/۳ سنگ آهن هماتیت پوک که در کویر جمع آوری میگردد تشکیل میدهند. مواد مزبور رادریك كوره مكعب مستطیل قائمی به ابعاد $۱۰ \times ۲/۵ \times ۲/۵$ متر که مجهز بیک دم (وانتیلاتور) میباشد با ۰/۵ وزن بارذغال چوب میگذازند و در نتیجه یک سرب ناخالصی از منفذ خروجی كوره خارج شده و در پاتیل یا قالب هائسی که بشکل شمش هستند جمع آوری میگردد. بعداً سرب ناخالص رادر پاتیل های چدنی که زیر آنها آتش ملایمی روشن است مجدداً گذاخته و بوسیله چند عدد شاخه های درخت تر عمل «پولینك» یا «پرشارژ» را انجام میدهند و بدین طریق ناخالصیهای موجود را بشکل کف در آورده و با ملاغه بر طرف میسازند. سرب تصفیه شده که محتوی $Pb. / ۹۹/۶$ میباشد در قالب های شمش ریخته و در بازار بفروش میرسانند.

بزرگترین مصرف کننده این سرب در ایران کارخانجات مهمات سازی ارتش است که از آن فشنگ میسازند.

در درجه دوم کارخانجات شیمیائی كوچك و لحیم گران میباشد.

اخیراً مقداری سرب هم در معدن اخلومند نزدیک مشهد بوسیله شرکت خصوصی استخراج شده و در بازارهای مشهد بفروش میرود ولی محصول این شرکت هنوز در تهران معروفیتی بدست نیاورده است.

مهمترین نقاطی که در آنها سرب و مواد معدنی سربی پیدا شده عبارتند از :

- ۱ - تویه در دامغان ۲ - سیاه کوه ۳ - نیورزین در ۱۵ کیلومترتری بل شوسان ۴ - کلاک در ۶ کیلومترتری کرج ۵ - ساروق در ۲۰ کیلومتر شمالی غرب اراك ۶ - روزن دره در ۵ کیلومترتری میانه ۷ - مالا کوه در کنار رود قزل اوزن ۸ - کوه بنان (کرمان) ۹ - تنگال هادفی ۶ کیلومترتری تکیان (طیس و فردوس) ۱۰ - معدن قلعه ناحیه طیس ۱۱ - معدن نخلک و چاه خر بوزه در ناحیه انارك ۱۲ - معدن اخلومند در نزدیکی مشهد ۱۳ - معدن نای بند شمال کویر مرکزی ۱۴ - معدن نجف آباد در ۵ کیلومترتری جنوب اصفهان ۱۵ - کوشك در ۴ کیلومترتری شمال غربی کوشك.

فصل بیست و دوم

روی

تاریخچه - بطور یقین میتوان گفت که اقوام ما قبل تاریخ به فلز روی آشنا نبوده و اطلاعاتی از طرز استخراج آن نداشته و قادر بگداز آن نبودند زیرا احیاء نمودن روی احتیاج به گرمای زیاد و يك اتمسفر احیاء کننده قوی دارد. رومیها فلز روی را در ۳۰۰ سال قبل از مسیح در ساختن بت و صنم و مجسمه های كوچك بكار میبردند اگر چه آورده شده كه اولین قومیکه موفق باستخراج روی از مواد معدنی شده چینپها بودند و فن و هنر گداز و استخراج روی از این کشور در سال ۱۷۴۳ میلادی به انگلستان برده شد. در سال ۱۸۲۰ میلادی صنعت استخراج روی در بعضی کشورهای اروپا از قبیل المان و بلژيك كاملاً بر قرار شده بود و در امریکا از سال ۱۸۳۵ میلادی آغاز گردید و امروز کشور ناهبرده بزرگترین تولید کننده فلز روی بشمار میرود.

خواص فیزیکی - روی فلزیست آبی رنگ مایل بسفیدی، بوزن مخصوص ۷/۰۴، از ۷/۱۴، از قلع سخت تر و از مس باز بخت شده نرم تر و سختی آن بر حسب برداشتن خراش ۲/۵ است. روی در درجات معمولی گرما، ۱۵۰-۱۵۰ درجه تر دوشکننده بوده و بسهولت با ضربات چکش میشکند. در گرمای ۱۰۰ الی ۱۵۰ درجه بقدری خاصیت چکش خواری و کشیدن آن خوب میشود که میتوان آن را تحت عملیات نور در آورد و بشکل صفحه، ورق، مفتول و سیم تغییر شکل داد ولی در ۲۰۰ درجه مجدداً ترد و شکننده میشود. به قسمیکه خورد و متلاشی شده و بشکل گرد در میآید. روی خالص در ۱۹/۴ درجه سانتیگراد ذوب گشته و در ۹۰۷ درجه بقلیان و جوش در میآید.

خواص شیمیائی - علامت شیمیائی عنصر روی (Zn) و وزن اتمی آن ۶۵/۳۸ تعیین گردیده؛ هوای خشك و خالص چندان تأثیری بر روی ندارد و هوای مرطوب و مخصوصاً هواییکه مقدار قابل ملاحظه گاز كربنیک CO_2 دارد تشکیل يك فیلم نازکی

روی سطح فلزی روی داده و سطح آن را کدر کرده ولی در عوض این غشاء نازک مانع خورنده گی و زنگ زدن آن میشود. در گرمای ۵۰۰ درجه C و در مجاورت هوای آزاد، روی باشعله ای نزدیک بسفید رنگی سوخته و تبدیل به اکسید دوزنگ (ZnO) میگردد. بهترین محال روی اسید سولفوریک و اسید کلریدریک میباشد. روی بر تمام فلزات سنگین الکتروپوزی티브 بوده و آنها را از محلول های مربوطه میتواند ته نشین نماید.

مواد اولیه و سنگهای معدنی

سنگهای معدنی روی که مواد اولیه آنرا بوجود میاورند نسبتاً کم و محدود میباشد و دو نوع آنها بیش از انواع دیگر که فقط در نقاط بخصوصی پیدامیشوند عمومیت داشته و در بسیاری از نقاط کره زمین در سنگهای آتشفشانی بحالت سولفور و کربنات بدست میایند.

بطور متوسط محتوی روی فلزی در مواد اولیه در حدود ۱۰-۱۵٪ (Zn) میباشد ولی چون طریقه که در استخراج روی امروز متداول و معمول است احتیاج بمواد اولیه غنی تری دارد لذا از مواد پس از برهینختن، مواد معدنی را بوسیله دستگاه آرایش و تهیه از قبیل شستن بوسیله میز ویلفلی و درستگاه جیگ و فلو تاسیون محتوی فلزی آنها را از مواد خاکی و ناخالصیهای دیگر جدا کرده و ماده پرعیاری که بین ۴۰-۵۰٪ (Zn) داشته باشد بدست میاورند. مواد معدنی مرکب از چند عنصر از قبیل روی، سرب، مس و آهن و گوگرد را امروزه بوسیله فلو تاسیون انتخابی عمل نموده و روی و سرب را از یکدیگر جدا نموده بقسمیکه میتوان آنها را بدون اشکال گداخت و مبدل به فلز نمود. مهمترین مواد اولیه روی از این قرار اند.

۱ - سولفور روی - سولفور روی که در اصطلاح کانی شناسی معروف به بلند^(۱) یا سفالیریت^(۲) و بقومول ZnS میباشد بیش از سایر مواد در قشر زمین موجود و استخراج میگردد؛ نوع خالص آن در حدود ۶۷٪ Zn دارد علاوه بر سولفور روی

همیشه مقداری از سولفور آهن؛ کادمیم، مس و آرسنیک به همراه این ماده بوده که قبل از اقدام بعملیات استخراج و گداز بایستی برطرف گردند.

سولفور آهن و کادمیم تولید اشکال نموده زیرا سولفور آهن در بوته مبدل به اکسید گشته و با جدار درونی بوته تولید سیلیکات آهن نموده و پس از اندک زمانی آنرا سوراخ میکند. سولفور کادمیم در روی حل شده و خواص فیزیکی و میکائیکی آنرا خراب میکند.

۲ - کالامین^(۱) - کالامین بفرمول $Zn_2(OH)_2SiO_3$ سنگی است سفید رنگ و نوع خالص آن در حدود ۱/۰۵۷٪ روی دارد. این ماده اغلب در قسمت بالای رگه بلند نزدیک سطح زمین بوجود آمده است و از تغییر شکل و دگرگون شدن مواد گوگرد دار تولید میشود. این ماده از نقطه نظر استخراج و گداز چندان اهمیتی ندارد زیرا بمقدار کافی و زیاد پیدا نمیشود و بیشتر آنرا بمصرف ساختن اکسید دوزنک بکار میبرند.

۳ - اسمیت سونیت^(۲) - کربنات طبیعی روی بفرمول $ZnCO_3$ را اسمیت سونیت مینامند. ماده نامبرده از تغییر شکل یافتن و دگرگون شدن مواد سولفوره پیدا میشود. رنگ آن سفید و نوع خالص آن در حدود ۱۰۵۲/۱۴٪ روی دارد و از مهمترین و مطلوبترین مواد آلیه روی بشمار میرود؛ زیرا میتوان آنرا مستقیماً تحت عملیات گداز قرار داد.

۴ - زنکیت^(۳) و فرانکلینیت^(۴) - اولی بفرمول ZnO و دومی بفرمول $ZnO \cdot MnO \cdot Fe_2O_2$ فقط در ناحیه ای موسوم به Franklin Furnace در ایالت نیوجرسی در اتانزونی یافت و استخراج میگردد.

منابع مواد اولیه روی در بسیاری از ممالک دنیا کم و بیش موجود است ولی ممالکی که در آنها به کمیت و اندازه های زیاد و قابل ملاحظه بوجود آمده و در نتیجه آنها را تولید کنندگان این فلز بشمار میاورند عبارتند از ایالات متحده امریکا در ناحیه رودخانه میسوری؛ (یوتا) ایداهو و مونتانا. در کانادا در کامیابی انگلیس. در آلمان در

ناحیه سیلیزی شمالی و ناحیه رودخانه راین و ناحیه و ستفالی . در کشور بلژیک . در استرالیادر ناحیه بروکن هیل . در جزیره تاسمانیا و بالاخره در مکزیک و در اسپانیا و در فرانسه و بمقدار کمی در انگلستان یافت و استخراج میگردد .

اصول استخراج روی

استخراج روی فلزی از مواد اولیه و سنگهای معدنی در دو طریق اصلی که اولی موسوم به پیرومتالورژی یا روش قدیم و دومی موسوم به هیدرومتالورژی یا روش مدرن است انجام میگردد . اینک بشرح آنها میپردازیم .

۳- طریق خشک و آتشی عبارت است از تشویه نمودن مواد گوگرد دار روی به حدیکه کلیه گوگردان از بین رود و در نتیجه فیدل باکسیدروی یعنی ZnO بشود . مواد اولیه که بحالت اکسید طبیعی و یا کربنات بوجود آمده اند تکلیس نموده تا اینکه رطوبت و آب شیمیائی و گاز کربنیک آنها دفع گردد و در نتیجه اکسیدروی بدست آید سپس اکسید مزبور را در بوته های مخصوصیکه از مواد نسوز ساخته شده و در کوره های مخصوص گداز روی قرار گرفته اند بامقداری مواد کربن دار از قبیل زغال درخشنده (انتراسیت) و یا کک خورده و یا زغال چوب مخلوط کرده و شدیداً تا $1300^{\circ}C$ درجه گرما میدهند . در تحت چنین شرایط مساعد اکسیدروی احیاء شده و روی فلزی آزاد میگردد و در این گرما که بیش از گرمای لازمه برای قلیان روی است گاز همای روی تقطیر شده و در ظرف مخصوص که خارج از بوته قرار گرفته جمع میگردد .

سوافورروی (بلند) یکی از مواد گوگرد دار است که تشویه نمودن و از بین بردن گوگردان بسیار مشکل و دشوار است و برای اینکه تمام گوگرد محتوی دفع شود ، مدت و سوخت زیادی لازم است که عمل تشویه بطوریکه باید و شاید صورت گیرد . احیاء بعدی اکسیدروی سوخت زیادتری مصرف میکند و از این لحاظ استخراج روی در طبقه پیرومتالورژی وقتی مقرون بصرفه و اقتصاد است که سوخت زیاد و ارزانی در دسترس باشد و الا طبقه تر و شیمیائی که بیشتر مقرون بصرفه است باید بکار رود .

۲- طبقه «تر» یا هیدرومتالورژی روی - بلافاصله بعد از بروز جنگ جهانی

اول تقاضای صنایع مختلفه بفلزروی و مخصوصاً کارخانجات برنج سازی به روی خالص

جهت ساختن فشنگ، توپ و تفنگ بقدری زیاد گردید که متخصصین فن گداز فلزات و شیمی دانان را وادار نمود که درصدد پیدا کردن و کشف روش های دیگری برای استخراج روی خالص از مواد اولیه آن برآیند؛ بالاخره بعد از آزمایشهای زیاد و تحقیقات لازمه طریقه حل کردن املاح روی در محلول مناسب و رسوب دادن آنها بطریق الکترولیز را عملی نمودند و اشکالات فنی و اقتصادی آنرا بتدریج مرتفع ساختند.

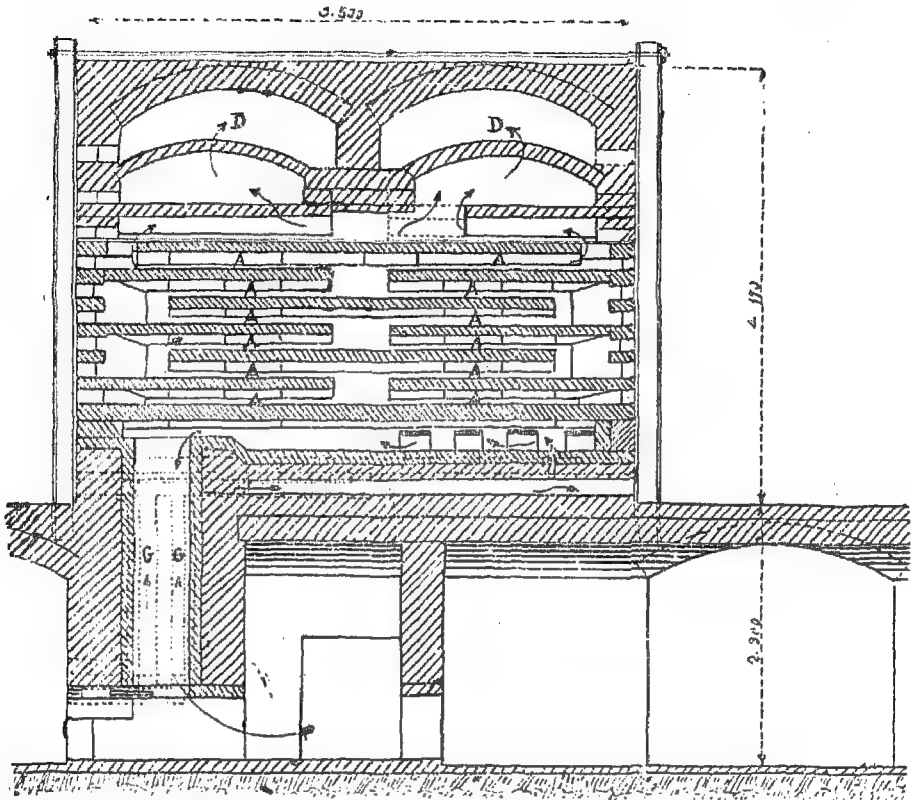
طریقه شبیهیائی - عبارت است از تشویه مواد اولیه روی و تبدیل مواد گوگرد دار به اکسید ZnO و مقداری سولفات $ZnSO_4$. عملیات تکلیس در حدا کثر گرمای $400^{\circ}C$ باید انجام گیرد و این گرما برای دفع H_2O و SO_2 مواد اولیه روی کاملاً کافی میباشد و کوره ای که بمنظور اینکار استعمال میشود از نوع کوره بلند آهک پزی است که در مبحث کوره های صنعتی جلد اول فصل ششم شرح آن داده شده. مواد اولیه را با سوخت در طبقات مترادف و عقب سر هم از دریچه فوقانی نزدیک بدنه کوره داخل کرده و هوای لازم جهت احتراق را با جریان طبیعی از دریچه که در زیر کوره ساخته شده بدرون آن وارد میکنند و مواد تکلیس شده را از همان دریچه بیرون میآورند. مصرف سوخت در این عمل نباید از 1.1 وزن بار تجاوز کند. موادیکه تکلیس میشوند باید قبلاً بوسیله ماشینهای سنگ شکن شکسته شده و بقطعات کوچک که حد متوسط قطر آنها 4 میلیمتر است درآمده باشند و اگر نه کوره را خفه کرده و عملیات متوقف میشوند. کوره ای که بقطر 3 متر و بلندی $6/5$ متر میباشد میتواند در هر 24 ساعت مقدار 40 تن مواد خام را تکلیس کرده و آماده برای استخراج و اگذار بنماید.

تشویه - مقصود از تشویه بلند (ZnS) برطرف نمودن کلیه گوگرد محتوی و تبدیل آن به (ZnO) میباشد و عمل تشویه باید طوری انجام گیرد که تمام گوگرد موجود سوخته و مبدل بگاز SO_2 شد و متصاعد گردد ولی سولفور روی را نمیتوان باین سهولت تشویه کامل نمود و حتی در بهترین شرایط در محصول تشویه شده ممکن است 0.5 الی 1.2 گوگرد باقی بماند. در شرایط متوسط مقدار گوگرد باقی مانده تا 0.5 میرسد. آنچه از مواد تشویه شده بشکل سولفور باقی میماند دیگر در کوره احیاء گشته و بشکل سولفورازین میرود و از مقدار محصول فلزی میکاه 8 سولفور روی را

وقتی میتوان به بهترین وجهی تشویه نمود که کاملاً خرد و ریز باشد و قطر متوسط ذرات آن بین ۱ - ۲ میلیمتر باشد یعنی باندازه دانه‌های گندم و جو. البته نباید از این مقدار ریزتر باشد. زیرا در این صورت هوا نمیتواند با تمام ذرات تماس پیدا کند و گوگرد آنها را بسوزاند. درجه گرمای تشویه باید کاملاً تحت اختیار باشد و در مواقعی از حد معین تجاوز نکنند زیرا اگر درجه گرمای تشویه کم و پائین باشد، سولفات روی ($ZnSO_4$) همچنان در این حالت مانده و تجزیه و تفکیک به (ZnO) نمیکرد. اگر درجه گرما زیاد و بالا باشد، سولفور روی گداخته شده و حالت چسبندگی پیدا کرده و سطوح ذرات را پوشانیده و مانع ادامه عمل تشویه میگردد؛ در نتیجه تشویه ناقص میماند. اشکالات نامبرده در عمل مانع میشوند که سولفور روی بطور کامل تشویه شود و بهترین وقتیکه میتوان گفت که عمل تشویه به بهترین وجهی انجام گرفته است که محتوی گوگرد بطور متوسط ۱٪ باشد، آنوقت درجه گرمای تشویه در اوایل امر بین ۵۰۰-۶۰۰ سانتی گراد میتواند باشد. مواد مورد تشویه را باید دائماً بهم زده تا همیشه سطوح تازه‌تری با هوا در تماس باشند. در انتهای عمل باید گرما را زیاد کرد و درجه آن را به ۸۰۰-۸۵۰ سانتی گراد رسانید تا اینکه کلیه گوگرد سوخته شده و بشکل گاز SO_2 متصاعد شود. اگر با سولفور روی سولفور آهن همراه باشد در کوره تشویه این دو سولفور پس از تشویه شدن و تغییر یافتن با اکسید، با هم ترکیبی بفورمول: ($ZnO \cdot Fe_2O_3$) داده که در بوته احیاء نمیشود و از مقدار روی که باید تبدیل به فلز و محصول مفید گردد میکاهد.

کوره های تشویه - چون تشویه مواد گوگرد دار روی باید طوری انجام گیرد که کلیه گوگرد محتوی از بین رود و تمام سولفور تبدیل با اکسید و سولفات گردد، از این جهت نمیتوان مواد اولیه روی را بشکل توده فوق هم قرارداد و در فضای آزاد تشویه نمود، و یا اینکه مواد را در کوره بلند آهک پزی ریخت و در آنجا تشویه کرد، زیرا اولاً مواد معدنی که امروز از معادن روی استخراج میگردند قبل از اینکه تشویه شوند تحت یکنوع عملیات آرایش و تهیه جهت بالا بردن عیار و محتوی فلزی قرار میگیرند و بدین لحاظ بشکل دانه‌های ریز و ذره میباشند و البته اینگونه مواد را نمیتوان

در کوره‌هایی که ذکر شد تشویه نمود. تشویه مواد اولیه روی اغلب در کوره‌های شعله از نوع موفل که مجهز با وسایل بارگیری و هم زدن میکائیکی میباشند صورت میگیرد



شکل (۱۹۰) کوره تشویه مواد اولیه روی

در این کوره‌ها هم میتوان درجات گرما را بخوبی در اختیار داشت و هم مواد را بهتر هم زد تا ذرات تماس نزدیکتری با اکسیژن هوا پیدا کنند. مهمترین کوره‌های تشویه میکائیکی که امروز در هر کارخانه گداز فلزات و شیمیائی بزرگ موجودند عبارتند از کوره وژ Wedge؛ کوره هرشوف Herschoff و کوره دوايت لوئيد Dwight Lloyd که شرح آنها در جلد اول فصل هفتم داده شده است.

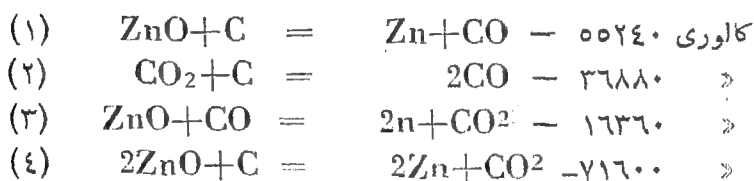
تقطیر روی از مواد اولیه

مواد اولیه روی را نمیتوان مانند مواد اولیه سایر فلزات در کوره بلند و اتر

ژاکت و یا در کوره شعله معمولی با مواد گداز آور مخلوط کرد و گرما داد و از حالت جامد تبدیل به حالت مایع نمود: زیرا بطوریکه گفته شد وجود گاز کربنیک که اغلب در فضای اینگونه کوره‌ها موجود است، روی احیاء شده را مبدل به اکسید نمود و عملیات را خنثی میکند. یا اینکه بیشتر روی تبخیر شده و مانند گازی از دود کش متصاعد شده و به دست می‌رود. استخراج روی از مواد اولیه بطوریکه امروز متداول و معمول است میتوان يك نوع عمل تبخیر و تقطیر دانست زیرا مقداری از اکسید روی (سولفور تشویه شده) را با مقداری مواد کربن دار، در يك بوتله یا قرع نسوزی ریخته و مخلوط کرده و تا ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد شدیداً گرما داده تا اینکه اکسید روی در مجاورت عامل احیاء کننده قوی که ذغال خالص و یا اکسید دو کربن باشد احیاء شده، روی فلزی آزاد گشته و به شکل بخار سنگین از بوتله بیرون آمده و در آلت تقطیری که به انتهای باز بوتله متصل است تقطیر گشته و به شکل مایع فلزی در آید.

فعل و انفعالات شیمیائی که در حین عمل احیاء در بوتله وقوع می‌یابند از این

قرار است:



باریکه در قرع گذارده میشود عبارت است از هوان اولیه روی تکلیس یا تشویه شده باضافه ۴۰-۶۰٪ مواد کربن دار که بازغال انتراسیت و یا زغال چوب و یا مخلوطی از زغال سنگ و کک خرده میباشد. احیاء اکسید روی بوسیله کربن در گرمای قدری بالاتر از درجه قلیان روی فلزی آغاز و در ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد خاتمه می‌یابد. اکسید دو کربن که در فعل و انفعال (۱) تولید میشود بعنوان عامل احیاء کننده مقدار بیشتری از اکسید روی را طبق فعل و انفعال (۳) احیاء میکند. البته در فضای درونی قرع، مقدار عوامل احیاء کننده موجود بیش از حد کفایت و لزوم باید باشد تا اینکه گاز کربنیک حاصله از فعل و انفعالات (۳) و (۴) بوسیله آنها طبق رابطه (۲) احیاء شده و مجدداً مبدل به اکسید دو کربن گردد و اگر نه گاز کربنیک CO_2 موجود، روی فلزی آزاد شده.

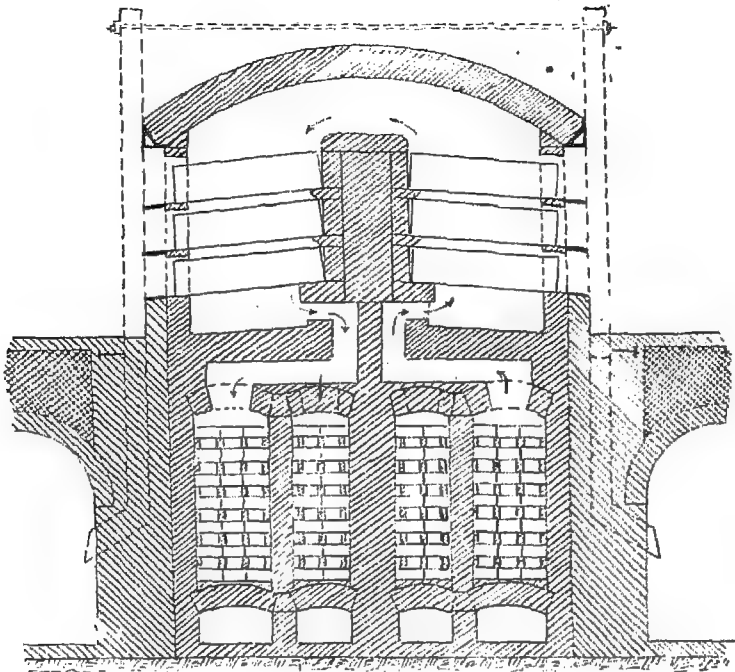
را مجدداً اکسید نهوده و بشکل گرد آبی رنگی در میآورد و سبب اتلاف روی میگردد. بطوریکه ملاحظه میشود کلیه فعل و انفعالات شیمیائی که در حین عمل احیاء بوجود مییابند از نوع گرماگیر یا (Endothermic) بوده و ترکیب و ادامه آنها احتیاج بگرمای خارجی دارد.

عملیات احیاء ZnO در ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد خانمه مییابد ولی درجه قلیان روی فلزی خالص در حدود ۹۰۷ درجه سانتیگراد مییابد. بدین لحاظ ذرات روی آزاد شده بشکل بخارات سنگین بوسیله جریان گاز CO ازبوته یا قرع خارج شده و در آلت تقطیر که بشکل سرپوشی بدان متصل است تقطیر گشته و بعد به فلز مایع میگردد. حرارت آلت تقطیر (Condenser) باید نه زیاد بالا باشد که روی نتواند تقطیر شود و نه زیاد پایین باشد که بخارات روی بصورت گرد آبی رنگی که مرکب از Zn و ZnO مییابد در آیند.

کوره تقطیر - کوره های تقطیر روی که در کشورهای مهم که دارای صنعت استخراج روی بطریق آتشی میباشند از قبیل بلژیک، آلمان، انگلستان و آمریکا اگرچه از حیث ساختمان و نوع سوخت و طرز احتراق متنوع و مختلف میباشند ولی اگر از جزئیات و نقشه ساختمانی و وسایل و روش کار صرف نظر شود مشاهده خواهد شد که تماماً از یک اصل کلی پیروی کرده و بر آن استوار میباشند. اصل مزبور عبارت است از قرار دادن مواد اولیه روی تکلیس یا تشویه شده با ضافه مواد کربن دارد در درون یک قرع (۱) که در کوره در جهت افقی خوابیده است؛ و سپس گرما دادن قرع از خارج و جمع نمودن روی فلزی در آلت تقطیر که بانتهای باز قرع متصل مییابد.

کوره های امروزی که از کوره های قدیم نوع بلژیکی - سیازی (۲) و راین لندی (۳) اقتباس گردیده از دو اطاق اصلی بزرگ که رویهم ساخته شده تشکیل یافته است. اطاق فوقانی بشکل مکعب مستطیل و درازای آن چندین برابر پهنا و بلندی آن مییابد. در وسط آن دیواری بدو منظور ساخته شده، یکی برای تقسیم نمودن فضای اطاق به دو قسمت قرینه و مساوی، و دیگری برای اتکاء انتهای بسته قرعها که در فواصل معین

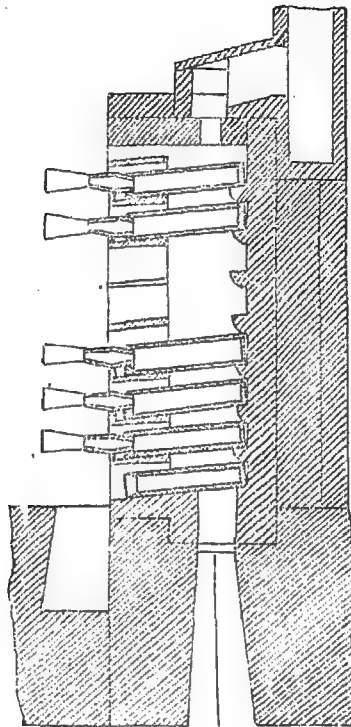
روی طاقچه هائی که در طول جدار مرکزی تعبیه شده میباشد، سقف اتاق قوسی و کلیه مصالحی که در بنای آن بکار رفته از مواد نسوز درجه یک بوده که بتوانند تحمل



شکل (۱۹۱) کوره تقطیر روی مجهز با دستگاه محافظت حرارت

۱۷۰۰-۱۸۰۰ درجه سانتیگراد گرمای آنرا بنماید. اتاق تحتانی برای احتراق سوخت است و چون سوختی که بمصرف تقطیر روی میرسد اغلب از نوع گازی است؛ چه گاز طبیعی چاههای نفت و چه گاز مولد از تقطیر زغال سنگ، بدین لحاظ اتاقهای تحتانی را بشکل رکوپراتور یا رژنراتور میسازند که گاز، قبل از سوخته شدن از درون منافذ زنبورکخانه آنها عبور کرده گرمای لازم را بخود بگیرد. قرع یا بوتنها را معمولاً بشکل استوانه بقطر خارجی ۲۸ سانتی متر و بطول ۱۲۰/۱۰۵ متر که یکطرف آن بسته و طرف دیگر باز میباشد از مواد نسوز میسازند و آنها را در ۵-۷ ردیف قائم و چندین عدد افقی در اتاق فوقانی پهلوی یکدیگر بترتیب معینی قرار میدهند بقسمی که انتهای لبه قرع بر روی طاقچه دیوار مرکزی و انتهای بازان که متصل به آلت تقطیر (Condenser) است روی ریل یا یک میله کلفت پولادی تکیه کند. آلت تقطیر بانهای باز قرع در خارج کوره متصل است و در اروپا

چنین معدول گردیده که آلت تقطیر را یک مخروط آهنی موسوم به کالاهک (Prolong) متصل میسازند تعداد قرعهای یک کوره بر حسب ظرفیت آن تغییر میکند و ممکن است بین ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ عدد باشد و یک کارخانه بزرگ در حدود ۷۰۰۰ قرع دارد.

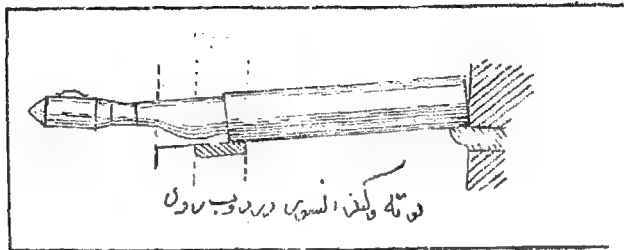


شکل - (۱۹۲) نوع دیگر از کوره تقطیر روی

دستگاه اصلی تقطیر از سه قسمت بشرح زیر تشکیل شده است.

۱ - قرع (Retort) قرعیکه برای تقطیر روی در اینگونه کوره ها بکار میرود بشکل استوانه ولی مقطع درونی آن گرد و بیاضی شکل است. درازای آن بین ۱۱/۵ متر و قطر درونی ۱۳ - ۲۰ سانتی متر میباشد. کلفتی جدار در قسمت قاعده و انتهای آن در حدود ۵ سانتیمتر و در قسمت سران ۲/۵ سانتیمتر میباشد. موادیکه در ساختن این قرعها بکار میروند باید از بهترین مواد نسوز باشند تا بتوانند گرمای ۱۷۰۰ - ۱۸۰۰ درجه سانتی گراد را متحمل شوند. یعنی وزن ۶۵ کیلو گرام بار را در گرمای ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد در

خود بدون کج شدن و شکاف و ترك برداشتن نگاه دارد. جدار بوته یا قرع‌ها نباید زیاد کلفت باشد که مانع نفوذ گرمای برتوئی شود و از طرفی دیگر نباید زیاده از حد نازك باشد که بخارات روی از خلل و فرج آن بیرون آمده و فضای کوره را آلوده نماید. گل



شکل (۱۹۳) قرع - آلت تقطیر و کلاهک

نسوزیکه برای ساختن قرعها بکار میرود باید از مخلوطی ساخته شود که دارای این ترکیب باشد.

SiO_2 ۲۴ - ۱.۳۸ Al_2O_3 ۴۶ - ۰.۵۹؛ آب و رطوبت ۱۳ - ۰.۱۴؛ اکسیدهای قلیائی ۲ - ۰.۵

دوام و عمر قرع بستگی به جنس مواد اولیه که در آن عمل میشود و بر درجه گرما و تغییرات ناگهانی آن دارد. مواد اولیه مزبور نباید محتوی آهن و یا سرب باشد و الا عناصر نامبرده اکسیده شده و با جدار قرع ترکیب شده تولید سوراخ و شکاف یا ترك‌های خطرناك کرده و آنرا از حیث ارتفاع می‌اندازد. قرعهاییکه با ماشین ساخته میشوند ۴۰ روز و آنهاییکه با دست عمل می‌آیند تا ۲۰ روز دوام میکنند.

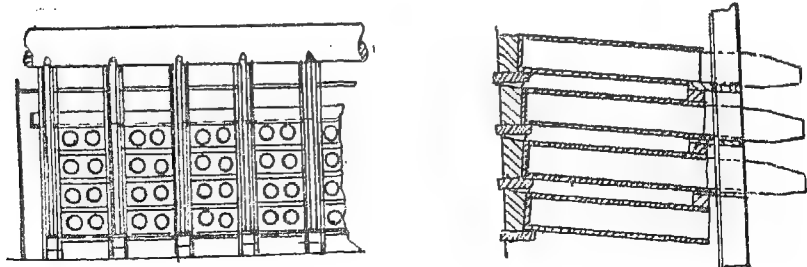
۲- ظرف تقطیر - (Condenser) شکل آلت تقطیر استوانه ساده و یا استوانه شکم دار میباشد. طول آن ۴۰ - ۵۰ سانتی متر و قطر يك طرف آن قدری کمتر از قطر قرع میباشد تا بتواند درون آن جای گیرد و قطر كوچك آن ۸-۱۲ سانتی متر است. كندانسر در خارج کوره قرار میگیرد و در آن بخارات روی اولا سرد شده و بعداً تقطیر نمیشود و در شکم آن جای میگیرد. البته پس از آنكه بحد کافی رسید بوسیله ملامتة بیرون آورده و در يك پاتیل بزرگی ریخته که بعداً بقسمت تصفیه ارسال گردد.

۳- کلاهک (Prolong) - برای اینكه بخارات روی تقطیر شده و یا بشکل

گرد آبی رنگ (اکسید دوزنگ) در آمده با روی فلزی تقطیر شده مخلوط نگردند انتهای ظرف تقطیر را متصل به يك کلاهکی موسوم به (Prolong) میکنند و این قسمت از آهن ورق که بشکل لوله در آمده و بقطر ۱۰-۱۰۵ و بطول ۱۰ سانتی متر است ساخته شده در این قسمت بخارات روی تقطیر نشده ولی بخارات کادمیم بشکل اکسید جمع میگردند . و بعداً مورد استفاده واقع میگردند . در کوره های امریکائی کلاهک بکار نمیرود و فقط آلت تقطیر به قرع متصل است .

موادیکه برای ساختن قرعها بکار میروند عبارتند از مخلوطی از خدك رس - گل پخته - کوارتزیت - سنگ آهك و مقداری كك . مواد نامبرده را پس از خرد و مخلوط کردن با آب بشکل گل در آورده و مدت چند هفته در هوای آزاد تحت عوامل جوی نگاه میدارند تا اینکه مانده شود و خاصیت پلاستیسیته و چسبندگی بخود بگیرد بعداً با ۱۲-۱۳٪ وزن خود با آب مخلوط کرده و در ماشین عجین کنی مدتی عمل کرده تا اینکه بشکل گل کوزه گری خوبی در آید . در این حالت میتوان بسپولت از آن قرع یا آلت تقطیر ساخت . قرعها را با ماشین قالب زده و یا بادست روی چرخ کوزه گری میسازند . در هر صورت پس از اینکه قرع ساخته شد باید اولاً آنرا در اطاقی بتدریج خشك کرده و مدتی در این حالت نگاهداشت تا کلیه آب شیمیائی و آب میکانیکی که در ذرات آن موجود است تبخیر گردد .

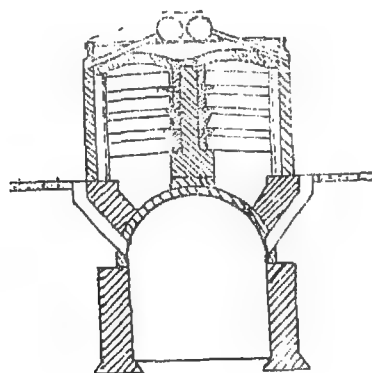
در بعضی از کارخانجات استخراج روی ، درون قرع ها را لعاب کاشی زده که خلل و فرج آنها کاملاً مسدود شده و مانع فرار بخارات گردد .



شکل (۱۹۴) طرز قرار گرفتن قرعها در کوره شکل (۱۹۵) مقطع قائم کوره تقطیر

پس از خشك كردن، قرعها را در اطاق مخصوصی كه كف آن از آجرهای كاشی مفروش است روی هم مانند كوره های كوزه سازی چیده و بتدریج گرمای اطاق را زیاد کرده تا به ۸۰۰ درجه سانتیگراد برسد و در این گرما مدت ۱۲ - ۱۵ ساعت نگاه میدارند تا كلیه قرعها پخته شوند، در صورتیكه كوره تقطیر نزدیک باشد قرعها را میتوان گرم گرم بكاربرد و اگر نه باید آنها را سرد كرد و بعداً مورد استفاده قرار داد.

شرح عملیات - پس از برقرار نمودن قرعها در كوره بایستی آنها را بترتیب بار داد بار عبارت است از اكسیدروی تكلیس شده، واكسید روی كه از تشویه سولفور آن بدست آمده باضافه مقداری مواد كربن دار بعنوان عامل احیاء كننده مواد كربن دار اغلب از زغال انتراسیت - زغال چوب و یا مخلوطی از آنها و كاك ترکیب میشود و مقدار یكه باید بكار رود در حدود ۴۰ - ۶۰٪ وزن مواد اولیه روی میباشد. كمیت مزبور چندین



كوره تقطیر روی (Zinc)

شكل (۱۹۵) نوع دیگر كوره تقطیر

برابر مقدار یست كه از محاسبه شیمیائی بدست میآید و برای این است كه عمل احیاء بطور كامل صورت گیرد و در آن واحد يك اتمسفر احیاء كننده قوی در فضای درونی قرع همیشه حكیم فرما باشد تا مانع تولید گاز كربنیک CO_2 گردد یا آنچه كه تشكيل میشود بلافاصله احیاء گشته و به CO مبدل شود. بهترین مواد كربن داریكه با «بار» در قرع بكار میرود ذغال انتراسیت بقطر ۳ - ۴ میلیمتر است. البته نباید محتوی شیبست

(سنگ لوح) و سولفور آهن (بیریت) و مواد مضره دیگری باشد زیرا مواد نامبرده در قرع تولید سر باره نموده و جدار درونی آنرا خورده و از عمر مفید آن میکاهد. هرگاه زغال سنگ معمولی بکار رود، گاز زیادی تولید کرده و بخارات فلزی روی را نسبتاً رقیق و ضعیف میسازد.

قبل از پر کردن قرعها از «بار»، اعضاء متشکله بار را در ماشین مخلوط کننده گردانی با مقداری آب رطوبت داده و مخلوط کرده تا اینکه در موقع بارگیری گرد و غبار زیادی تولید نشود. بار را بوسیله ملاءه مخصوصی بادت و یا با ماشین بداخل قرعها میریزند، بعداً ظرف تقطیر را با گل به انتهای باز قرع متصل نموده و کلاهک را وقتی بظرف تقطیر وصل میکنند که دود و بخارات روی از درون بوته متصاعد گشته و خارج شود.

بخارات روی فلزی که در ظرف تقطیر مبدل به مایع میشود و در قسمت وسط آن جمع میگردد، در هر شش ساعت یکمرتبه با آلات مخصوصی برداشت شده و به پاتیل چدنی بزرگی منتقل میگردد. پس از خاتمه عمل یعنی پس از ۲۴ ساعت کار ظرف تقطیر را از بدنه قرع منفصل نموده و آنچه در داخل قرع باقی میماند بوسیله پاروئی بیرون آورده و در خاکستر دان که با فاصله زیر کوره ساخته شده است ریخته میشود. اگر قرع سالم و نو باشد ترك و شکافی در آن در حین عملیات بوجود نیامده باشد مجدداً از بار پر گشته و عملیات بالا تکرار میشود و اگر نه قرع را شکسته و قرع تازه بجای آن بکار برده و عملیات را ادامه میدهند.

هرگاه در مواد اولیه کادمیوم (Cadmium) موجود باشد عنصر مزبور در روییکه از طرف تقطیر در دفعه اول و دوم برداشته میشود موجود است و در حین تصفیه بعدی باید آنرا جدا نمود. سرب و آهن در روییکه در برداشت آخری از ظرف تقطیر بعمل نیاید وجود دارد ولی روییکه در وسط کار حاصل میشود از همه خالص تر است.

تقطیر روی از مواد اولیه بطریقیکه ذکر شد در حدود ۸۵ - ۹۰٪ بازده دارد و ۱۰٪ روی محتوای مواد اولیه عمل نشده و در خاکستر دان همچنان باقی میماند و مقداری از آن بشکل بخارات تقطیر نشده از بین میرود.

محصول هر قرع بین ۲۰-۳۵ کیلو گرام روی فلزی «خام» میباشد که باید بعداً تصفیه شود. آنچه در قرع باقی میماند موسوم به «خاکستر» و از مواد اولیه تقطیر نشده، سر باره فریت $ZnO \cdot Fe_2O_3$ و زغال و خاکستر تشکیل شده و ترکیب آن تقریباً از این قرار است: Zn ۷۰-۷۵٪، Pb ۱۰-۱۵٪، Fe ۲۰-۳۰٪، MgO ۶۰-۷۰٪، CaO ۷۰-۹۰٪ C .

گاهی اوقات در این خاکستر ممکن است مقداری طلا و نقره موجود باشند و پس از تعیین مقادیر، آنها را بطریقی بدست می آورند.

تقطیر روی در قرعهای قائم - تقطیر روی در قرعهای افقی بطوریکه تا بحال ذکر شد موانع و اشکالات زیادی در برداشت که بارزترین آنها عبارتند از:

- ۱ - باردادن و برداشت محصول بطور متناوب و خرده خرده انجام میگردد.
 - ۲ - ظرفیت قرعها کوچک و کم دوام و استقامت آنها کم و محدود است.
 - ۳ - شرایط کار بسیار سخت و نیاز بکارگران ورزیده و بسیار باتجربه دارد.
- بدین لحاظ با در نظر گرفتن اشکالات فوق و اشکالات فنی دیگر، شرکت های تولید کننده روی مدت ها در صدد بودند که یک طریق دیگری که خالی از اشکالات ناهبرده باشد وضع شود. بالاخره پس از تحقیقات و تفحصات زیاد طریق تقطیر دائم در قرعهای قائم اکتشاف شده و بتدریج متداول گردید. در این طریقه قرعها را از ماده نسوزی موسوم به کاربوراندیم که از کاربورسیلیس (SiC) تشکیل یافته است در ظرفیت های بزرگ میسازند و آنها را بطور قائم در کوره کار میگذارند. بلندی قرع ۱۰ متر و مقطع آن مستطیل شکل و بطول ۱/۸ متر و عرض ۳/۱۰ متر است. عات باریکی و کم عرضی قرع این است که گرمای پرتویی که از احتراق گاز حاصل میشود بتواند در درون آن از یکطرف تا مرکز قرع بخوبی نفوذ کند و مواد محتوی در داخل قرع را گداخته و تبخیر نماید مواد اولیه که عبارتند از اکسیدروی تشویه شده با ضافه ۴۰-۶۰٪ زغال انتراسیت و یا مخلوط آن با کک و با ماده چسبنده مخلوط کرده بصورت بریکت در آورده و از درجه فوقانی بدرون قرع میریزند. ظرف تقطیر که از یک صندوق آهنی که درون آن از مواد

نسوز پوشش یافته نزدیک بقرع واقع و بوسیله مجرای موربی به قسمت فوقانی قرع متصل میبشد. از درون این مجرا بخارات روی پائین آمده، سرد شده و در ظرف تقطیر مبدل به فلز روی مایع میگردد. چون ظرفیت قرعهای قائم بمراتب زیادتر از قرعهای افقی است لذا میتوان در هر ۲۴ ساعت در حدود ۴ تن محصول برداشت. عمر و دوام آنها نیز زیادتر بوده و بیش از سه سال است. یکی از مزایای دیگر این نوع تقطیر در این است که میتوان اولاً از گاز اکسید دو کربن که متصاعد میشود استفاده نمود.

تصفیه روی

روی فلزی که از طریق تقطیر مواد اولیه، چه افقی و چه قائم بدست میآید نسبتاً «خام» و محتوی ۹۶-۹۸٪ روی و بقیه ناخالصیهائی است که باید گرفته شوند تا اینکه روی خالص بازرگانی که مورد نیاز صنایع است بدست آید.

بطور کلی ناخالصیهای موجود در روی تقطیر شده عبارتند از سرب - آهن - کادمیم - مس - آرسنیک - آنتی موان - گوگرد و مقدار کمی سیلیسیم. البته روی ناخالص و خام را میتوان مستقیماً برای ساختن برنجهای درجه سوم و برای اندود کردن صفحات فولادی (Galvanization) بکاربرد ولی بسیاری از صنایع از قبیل فشنگ و لوله سازی و غیره نیاز به روی نسبتاً خالص دارند و از این جهت روشی که از طرق تقطیر بدست آمده، باید تصفیه شود و تصفیه روی بدو طریق اصلی که عبارتند از (۱) تقطیر مجدد (۲) گداختن و تصفیه آتشی، انجام میگردد.

تصفیه الکتریکی نیز امکان پذیر و عملی گردیده است ولی هزینه عملیات آن خیلی زیاد است؛ و انگهی روی بسیار خالص ۹۹/۹۹٪ هم مورد احتیاجات صنایع نمیشد؛ لذا یکی از طرق نامبرده در بالا بکار میرود.

۱ - تقطیر مجدد - تقطیر مجدد روی در همان قرعهای افقی که ذکر شد انجام میگردد ولی ظرفهای تقطیر که در جلوی قرعها قرار میگیرند باید بزرگتر باشند. روی محصول تقطیر اول را داخل قرعهای افقی که کاملاً افقی قرار گرفته اند ریخته و ظروف تقطیر را به انتهای آزاد آنها با گل نسوز مسدود کرده و گرما میدهند تا اینکه روی تبخیر شده و مجدداً تقطیر گردد. محصول تقطیر دوم محتوی ۹۹/۹۲٪ روی میباشد.

۲ - گداختن و تصفیه در کوره شعله - کوره تصفیه روی از يك کوره شعله‌ای کوچکی که کف آن مانند استخر متدرجاً بيك طرف گود میگردد تشکیل شده است روی فلز را داخل کوره کرده و گرماداده تا اینکه ذوب شود و فرو رفتگی کوره را بر کند درجه گرمای روی گداخته را قدری بالاتر از درجه گداز روی خالص برای مدت ۲۴ - ۷۲ ساعت نگاه میدارند. در این مدت اکسید های فلزی و ناخالصیهای دیگر اکسید شده بالا آمده و روی سطح مذاب شناور میگردد و آنها را میتوان با سانی بوسیله ملاغه برداشت. سرب و همبسته Fe, Zn که در روی مذاب موجودند نظریه زیادی وزن مخصوص پائین رفته و در ته گودال کوره ته نشین میشوند بقسمی که در ته سرب و بالای آن Fe, Zn قرار میگیرند. روی تصفیه شده را از وسط حوضچه کوره با ملاغه بتدریج برداشت کرده و در قالب ریخته، بشکل شمش مکعب مستطیلی در میآورند و بجای آن مجدداً روی تصفیه نشده در کوره میریزند بقسمی که سطح فلز در کوره همیشه ثابت بماند. این عمل هم چنان ادامه خواهد داشت تا اینکه سرب و همبسته روی و آهن بالا آید و تا ۳۰ سانتی متر پائین تر از سطح ثابت روی گداخته در کوره برسد، آنوقت عمل تصفیه متوقف میگردد. سرب و همبسته روی و آهن را بیرون آورده و هریک را بمنظوری بمصرف میرسانند و کوره را مجدداً از نو بار میکنند. سربیکه از این راه بدست می آید در حدود ۹۵٪ سرب دارد و آنرا در استخراج نقره از سرب بطریق زینگاز بمصرف میرسانند و سرب و روی را از یکدیگر جدا میکنند همبسته روی و آهن را بکارخانه ای که صفحات کهنه را مجدداً اندود میکنند بفروش میرسانند

استخراج روی بطریق تر و تصفیه الکتریکی

نظریه تقاضای روز افزون صنایع برنج سازی به فلز روی بسیار خالص استخراج روی بطریق تر در محلول شیمیائی و رسوب دادن آن از طریق الکترولیز در نتیجه تحقیقات و آزمایشهای زیادی که در این باره بوسیله دانشمندان شده بود بالاخره عملی گردید و کارخانجاتی بدین منظور در کشورهای کانادا و اتازونی و اروپا تأسیس شده است و روی فلزی محصول این کارخانجات از خالص ترین روی تجارتی بشمار میرود طریقه «تر» که میتوان نیز از مواد اولیه فقیر و مختلط و درهم استفاده کرد عبارت است از

تشویه نمودن سنگهای معدنی روی دار بقسمی که مقداری سولفات و مقداری اکسید روی بدست آید. اکسیدی روی در اسید سولفوریک رقیق و سولفات روی در آب با کمال سهولت حل شده و مبدل بمحلول گشته و بسیاری از ناخالصیها که با این مواد به همراه اند در این شرایط بطور غیر قابل حلی باقی میمانند که میتوان آنها را ته نشین کرده و رسوب داد. پس از تشویه، مواد اولیه را در مخازن استوانه تخته ای موسوم به پاچوکا (pachuca)، از نوعی که در استخراج طلا بکار میرود، وارد کرده و با اسید سولفوریک رقیق خوب بهم زده تا اینکه کلیه روی از مواد اولیه بشکل سولفات روی $ZnSO_4$ درآیند. بعداً از صافیهای میکانیکی عبور داده، مواد غیر قابل حل که عبارتند از آرسنیک، انتی موان، کادمیم و مس را ته نشین نموده و برطرف میکنند. محلول صاف شده و باک سولفات روی را در حوضچه های الکترولیز وارد کرده و بوسیله انودسربی و کاتود آلومینیومی، سولفات روی را در اثر جریان الکتریسته یونیزه نموده و روی بسیار خالص الکترولیتیکی بدست میآورند.

شرح عملیات تشویه - مواد اولیه روی را ابتدا، در ماشینهای سنگ شکن بقطعات مناسب درآورده و بعداً در آسیاهای نرم کن بشکل گرد در میآورند و بدستگاه تشویه از قبیل وژبا هر شوف ویا دوايت لوئیدمیفرستند که در آنجا گرد سوخته شده و قسمت معظم سولفور روی مبدل به اکسید ZnO و مقداری مبدل بسولفات $ZnSO_4$ گردد. در عمل تشویه که قبل از تقطیر روی انجام میگردد، گفته شد که باید برطرف کردن گوگرد کامل باشد و محصول تشویه تماماً ZnO باشد ولی در اینجا باید مقداری سولفات نیز تشکیل شود، بدین لحاظ درجه گرمای تشویه نباید هیچگاه از 170° درجه سانتیگراد تجاوز کند و معمولاً در 159° سانتیگراد نگاه داشته میشود.

حل کردن مواد تشویه شده - پس از خاتمه یافتن عملیات تشویه و تبدیل مواد اولیه با اکسید و سولفات روی، آنها را به مخازن استوانه بزرگی انتقال داده و بامحلول خنثی که محتوی $10-20\%$ اسید سولفوریک و $2-3\%$ درصد روی آزاد است مخلوط کرده و خوب بهم میزنند تا اینکه متجاوز از 75% روی در آن بشکل سولفات درآید و مقدار زیادی از ناخالصیهای موجود را از قبیل انتی موان، مس و سیلیس ته نشین شده و رسوب

کنند. بعداً محلول را از صافیها عبور داده وارد مخازن دیگری کرده و در آن محلول الکترولیت حوضچه‌های فعلی را وارد کرده و مخلوط میکنند تا اینکه تمام روی بشکل سولفات در آید. سپس از صافیهای میکائیکی عبور داده و محلول صاف شده سولفات روی را بداخل حوضچه‌های الکترولیز منتقل میسازند.

الکترولیز سولفات روی - الکترولیز $ZnSO_4$ بوسیله انود سربی و کاتود که که از صفحات نازک آلومینیم ساخته شده در حوضچه‌های الکترولیز انجام میگیرد. محلول سولفات روی در اثر جریان الکتریسته مستقیم یونیزه گردید Zn^{+2} و SO_4^{-2} ، تفکیک میگردد. یونهای روی بطرف قطب منفی یعنی کاتود رفته، بار الکتریکی خود را رها کرده و بر سطح صفحه آلومینیم بشکل روی خالص فلزی رسوب میکنند. یونهای سولفات از طرف دیگر بطرف قطب مثبت شتافته، بار الکتریکی خود را از دست داده و تشکیل اسید سولفوریک H_2SO_4 میدهند. اختلاف سطح الکتریکی لازم برای یونیزه نمودن $ZnSO_4$ ۲/۳۵ ولت و برای H_2SO_4 ۱/۶۷ ولت است، ولی در عمل، اختلاف سطح الکتریکی در حدود ۳/۵ ولت میباشد. نظراً هر یک ساعت آمپر باید ۱/۲۱۹۴ گرم روی را از محلول سولفات روی رسوب نماید ولی عملاً رسوب دادن یک کیلو گرام روی ۳/۳ کیلووات ساعت مصرف میکند. عواملیکه در الکترولیز مؤثر میباشد و باید همیشه مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از درجه گرمای الکترولیت، شدت جریان الکتریسته، غلظت روی و اسید سولفوریک در الکترولیت و البته وجود ناخالصیها. درجه گرمای الکترولیت را باید همیشه بین ۴۰-۵۰ درجه سانتیگراد نگاه داشت. شدت جریان در حدود ۲۰-۲۵ آمپر در هر فوت مربع. سطح کاتود و محلول الکترولیت باید در آغاز عمل خنثی باشد و بیش از ۱.۱۰ روی آزاد نداشته باشد ولی در خاتمه عمل ممکنست ۳/۵٪ روی آزاد و ۱۰-۱۲٪ اسید سولفوریک آزاد داشته باشد.

اگر مقدار ناخالصیهای موجود در محلول سولفات روی زیاد باشد، عمل یونیزاسیون معکوس میگردد. محلول سولفات مجدداً ترکیب گشته و در قطب منفی تیدروژن و در قطب مثبت اکسیژن متصاعد میگرددند. اگر مقدار ناخالصیها کم و محدود باشد، فقط اثراتی بر روی کاتود مشاهده میگردد: مثلاً من و کادمیم، کاتود را سوراخ کرده و روی

آن لکه‌های سیاهی باقی می‌گذارند. آهن؛ انتی‌موان و آرسنیک ته‌نشین نمی‌شوند و از شدت جریان لازم می‌کاهند.

کلر و ترکیبات آن نباید در محلول سولفات روی موجود باشند و اگر نه کلر متصاعد شده و انود سرب را می‌خورد. با اضافه نمودن ماده ژلاتینی و صمغ مخصوص میتوان تا اندازه‌ای شدت اثرات ناخالصیهای مودنی کاست. الکترولیز بطریق مضاعف در حوضچه‌های تخته‌ای با ابعاد $۱/۵ \times ۳/۵$ متر که از صفحات سربی پوشش شده‌اند و بشکل آبشار (Cascade) قرار گرفته‌اند انجام می‌گیرد. در هر حوضچه ۲۸ عدد انود که از سرب ریخته شده و ۲۹ عدد کاتود که از صفحات آلومینیم نازک ساخته شده معلق می‌باشند. روی خالص الکترولیتیکی را که بر صفحات آلومینیم (کاتود) رسوب میکند در هر ۲۴ ساعت یکمترتبه که مقدار آن به ۱۰ کیلو گرام میرسد جدا می‌سازند و چون بدین شکل نمیتوان ببازار فرستاد لذا آنها را در کوره شعله‌ای گداخته و بصورت شمش میریزند.

روی الکترولیتیکی محتوی $۹۹/۹ - ۹۹/۹۹\%$ روی میباشد و بسیار خالص است. روی تجارتی - روی تجارتی تصفیه شده که در سه نوع بازارها و بورس فلزات عرضه میشود عبارت است از:

۱- روی درجه اعلا - چون قابلیت چکش‌خواری و تورق و مفتول شدن آن خوب است بمصرف ساختن اشیاء برنجی می‌گردد که بایستی تاییده و کشیده شوند، مانند فشنگ - لوله و سیم و غیره. ناخالصیهای موجود در این نوع روی نباید از این حدود تجاوز کند: کادمیم $۰/۰۰۷\%$ ؛ آهن $۰/۰۰۳\%$ ؛ سرب $۰/۰۰۷\%$ و بقیه روی.

۲- درجه متوسط - روئی است که برای ساختن اشیاء برنجی که چندان احتیاج بخواص تورق و مفتول شدن ندارند بکار میرود. ناخالصیهای آن نباید از این حدود تجاوز کند: کادمیم $۰/۰۰۷۵\%$ ؛ آهن $۰/۰۰۸\%$ ؛ سرب $۰/۰۱\%$ ؛ و بقیه روی.

۳- درجه پست که معروف به Prime Western نیز میباشد روئی است که بمصرف ساختن برنجهای خیلی معمولی و اندود کردن ورقهای آهن و پولادی میرسد. ناخالصیهای آن باید در این حدود باشد: کادمیم $۰/۰۰۷۵\%$ ؛ آهن $۰/۰۰۷۵\%$ ؛

سرب ۱.۲

موارد استعمال روی - روی خالص بتهنایی هیچگونه مورد استعمالی ندارد و مهمترین مصرف کننده روی صنایع برنج سازی است . در درجه دوم صنایع اندود کردن اوراق و صفحات پولادی که در اصطلاح (Galvanization) مینامند میباشد . درجه سوم روی را بشکل اکسید روی در ساختن رنگهای مختلف بکار میبرند .

اندود کردن با روی - چون روی در برابر عوامل جوی استقامت میکند از این لحاظ صفحات و اوراق پولادی را از روی لعاب داده تا اینکه زنك نزنند . غشاء نازك روی از دو جهت در برابر هوا و تغییرات آن اثر نمیکند : اول اینکه صفحه یا ورق پولاد را از يك فیلم باریك میپوشاند و آنرا محافظت میکند . دوم اینکه اثرات الکتر و شیمی دارد که مانع زنگ زدن آهن میگردد . جهت اینکار صفحات و اوراق پولاد را بدرون حوضی که مملو از روی گداخته میباشد فرو برده و بلافاصله بیرون میآورند . روی با آهن بسهولت و آسانی تشکیل همبسته میدهد و اگر مقطع لعاب شده را نگاه کنیم مشاهده خواهیم کرد که قطعه اندود شده از سه قسمت اصلی تشکیل شده است : ۱ - قسمت بیرونی روی خالص فلزی ۲ - قسمت وسطی همبسته روی و آهن یا پولاد ۳ - قسمت داخلی که تماماً از آهن است .

اکسید دو زنك - اکسید روی را میتوان مستقیماً از مواد اولیه روی بدست آورد . مواد اولیه تشویه شده را با مقداری زغال مخلوط کرده و داخل اجاق کوره مخصوص که از زیر میله های آن هوای زیادی بدرون کوره داده میشود قرار میدهند روی ابتداء از اکسید آزاد شده تبخیر گشته و بخارات آن تبدیل با اکسید سفید میگردد قسمت فوقانی کوره متصل به مجرائی است که آن بدستگاه غبار گیر کیسه ای مربوط است . بخارات اکسید دو زنك متصاعد گشته و بوسیله جریان هوای وانتیلاتور بطرف کیسه های صافی کشیده شده و روی بسطح درونی آنها می نشیند و جمع میگردد . اکسید دو زنك را نیز ممکن است از گداختن روی فلزی و تبخیر دادن آن بدست آورد .

اضافه بر برنجها ، روی در همبسته های دیگر از قبیل ورشو و دور آلومین

استعمال میشود.

اثرات ناخالصیها در روی خالص - کادمیوم - این عنصر در مقادیر کم، روی را شکننده میسازد و اگر روی برای لعاب گیری بکار رود نباید محتوی کادمیوم باشد زیرا لعاب را بی دوام کرده و ترک میخورد. سرب هم روی را ترد و شکننده میکند و همان اثرات کادمیوم را در لعاب ظاهر میسازد.

در برنجها هم نباید موجود باشد مخصوصاً برنجیکه بشکل فشنگ یا لوله در میآید.

آهن، سختی و تردی آنرا زیاد میکند و از خواص چکشخواری میکاهد. مقدار آن نباید از ۱۲٪ تجاوز کند.

کادمیوم

کادمیوم یکی از عناصر فلزیست که بشکل محصول فرعی در استخراج فلزات بدست میآید. کادمیوم محصول دوم در استخراج روی و گاهی از استخراج سرب در کیسههای غبار گیر حاصل میشود. کادمیوم مواد اولیه ندارد و این عنصر در مواد اولیه روی به نسبت ۱ در ۲۰۰ بهرراه میباشد. وقتی که مواد روی که محتوی کادمیوم میباشند بمنظور تقطیر روی در قرع قرار میگیرند چون کادمیوم عنصر فرارتری است، زودتر از بخارات روی فلزی متصاعد شده و در ظرف تقطیر جمع میشود و گاهی اوقات با دوده آبی رنگ اکسید سرب در قسمت کلاهک جمع میشود.

بنابر این در کارخانهجاتی که کادمیوم را استخراج میکنند موادی که در آغاز عمل تقطیر در کلاهک و یا در ظرف تقطیر جمع میشوند برداشته و بعداً روی را از کادمیوم جدا کرده و از هر یک جداگانه استفاده میشود.

دوده آبی رنگ اکسید روی که در محتوی کادمیوم نسبتاً غنی است با مقداری (۵۰٪) کک نرم مخلوط کرده و در قرع جداگانه گرما داده تا اینکه روی و کادمیم هر دو تقطیر شوند. اینعمل را چندین مرتبه تکرار کرده تا اینکه کادمیوم که زودتر متصاعد میشود تقطیر گردد و کادمیوم خالص فلزی بدست آید.

در استخراج روی بطریق «تر» کادمیوم با روی تشکیل سولفات میدهد و در محلول

سولفات روی باقی میماند، حال برای اینکه آنها را بتوان جدا نمود، محلول سولفات را در مخزنی قرار داده و روی را بشکل ذرات بسیار ریز (اتومیزه) وارد محلول میکنند، کادمیوم با ذرات ریز در ته مخزن رسوب میکند. علاوه بر کادمیوم ممکنست ناخالصیهای دیگر موجود در محلول سولفات روی از قبیل مس، سرب، آرسنیک، انتی موان نیز ته نشین شوند، بعداً هر یک را جدا کرده و کادمیوم فلز را بوسیله الکترولیز بدست میآورند.

استعمال این فلز در صنایع از سال ۱۹۲۲ آغاز گردید، زیرا کادمیوم بطریقه آب دادن الکتریکی بسیاری از چیزها بسکار میرود. لعاب کادمیوم بهتر از روی در برابر اسیدها و قلیائیهامقاومت میکنند و حتی بهتر از نیکل میباشد. در ۱۹۳۵ شرکت اتوموبیل سازی جنرال موتور، همبسته از کادمیوم برای برینگ Bearing اتوموبیل ها ساخت که از ۰.۹۲٪ کادمیوم؛ ۰.۲٪ نقره؛ ۰.۱٪ مس با نیکل ترکیب شده بود. همبسته مزبور بقدری مورد استفاده کارخانجات اتوموبیل سازی قرار گرفت که دیگر برای مصارف دیگر بسختی بدست میآمد.

محصول کادمیوم در سال ۱۹۳۶ در حدود ۳۰۰۰ تن بود که اغلب آن از امریکا از کارخانجات استخراج روی بیرون آمده است.

خواص کادمیوم- علامات شیمیائی آن (Cd)؛ درجه قلیان آن در فشار ۷۶۰ میلیمتر جیوه، ۷۸۴ سانتیگراد است. درجه گداز آن ۳۲۰ سانتیگراد و وزن مخصوص آن ۸/۶۰۴ در حالت چکش خورده میباشد. مهمترین استعمال آن برای ساختن همبسته های فلزی زود گداز است؛ مثلاً همبسته ای بترکیب $\text{Cd } ۰.۱۰/۱۰$ ؛ $\text{Pb } ۰.۲۷/۲۷$ ؛ $\text{Pb } ۰.۱۳/۱۳$ ؛ $\text{Sn } ۰.۴۹/۵۰$ و $\text{Bi } ۰.۷۰$ درجه سانتیگراد آب میشود. فلز معروف لیپوویتس (Lipowitz) بترکیب $\text{Cd } ۰.۱۰$ با $\text{Pb } ۰.۲۶/۷$ ؛ $\text{Sn } ۰.۱۳۳/۳۰$ و $\text{Bi } ۰.۵۰$ میباشد و اگر هر آینه ۳ قسمت از این ترکیب را با ۲ قسمت جیوه مخلوط نمایند و حرارت دهند ترکیب جدید در ۳۷ درجه سانتیگراد آب میشود.

فصل بیست و سوم قلع

خواص فیزیکی - قلع فلزیست نرم برنگ سفید نقره‌ای و دارای جلای فلزی عالی میباشد. وزن اتمی آن ۱۱۹ و خواص چکشخواری، تورق و مفتول شدن آن بسیار خوب است ولی چون زیاده از حد نرم است لذا نمیتوان آنرا از درون حدیده کشید و بشکل سیم و مفتولی درآورد. خاصیت تورق و چکشخواری آن بقدری خوبست که میتوان از قلع صفحات بسیار نازک جهت لفافه ساخت و این خاصیت مهمترین مورد استعمال قلع بشمار میرود. مقاومت آن در برابر نیروی کشش کم و اگر چه وجود بعضی از ناخالصیها این خاصیت را در قلع بهتر میکند ولی از طرف دیگر از خاصیت تورق و صفحه شدن آن میکاهد. وزن مخصوص قلع $7/28$ به حالت ریخته شده و $7/30$ به حالت نورد و کشیده شده میباشد. در 232 درجه سانتی گراد گداخته شده و آب میشود و در 3200 درجه سانتیگراد بجوش وقلیان درمی آید. در درجات پائین گرما، یعنی از 18 درجه سانتیگراد به پائین، عنصر قلع تغییر حالت داده و تحولی در ساختمان درونی و وضع قرار گرفتن اتمهای خود ایجاد میکند و در نتیجه از حالت صلبی و سختی فلزی بصورت گرد خاکستری رنگی درمی آید و در این حالت بوزن مخصوص $5/8$ میباشد. اگر صفحه یا میلله قلعی را خم یا تاکنند یک صدای مخصوصی از آن بیرون می آید که در اصطلاح به گریه و ناله قلع^(۱) معروف است و دلیل آن نیروی اصطحاک کی است که در حین لغزش بین بلورهای ترکیب کننده آن ظاهر میگردد.

خواص شیمیائی - عوامل جوی و بسیاری از مواد شیمیائی در هوای عادی بر قلع اثری ندارند و از این جهت این فلز را برای اندود کردن و لعاب گیری اشیاء، پولادی که در این شرایط زنگ میزنند زیاد استعمال میکنند. اسیدهای معدنی چه در حال رقیق و

چه غلیظ، قلع را متدرجاً به تندى در خود حل میکنند و تولید املاح مربوطه مینمایند
ولى قلع گاهی حالت اسیدی و گاهی حالت قلیائی از خود نشان میدهد .
مواد اولیه

حالت طبیعی - قلع در قشر زمین بحالت اکسید (SnO_2) که در کانی شناسی
موسوم به Cassiterite است بشکل رگه در سنگهای آتشفشانی بوجود آمده است .
اکسید قلع محتوی $\text{Sn} / 78.6$ و $\text{O} / 21.4$ میباشد و برنگ قهوه و سیاه و گاهی اوقات
زرد و خاکستری در آمده است . قلع بطور مختلط با مس و فلزات دیگر در بعضی از
مواد معدنی موجود است ولى اکسید آن یگانه ماده اولیه ایست که کلیه محصول دنیا
را میدهد و از استخراج و گداز آن بدست میآید . هرگاه کاستریت را از رگه های اصلی
مستقیماً استخراج کنند، فلزات دیگری که بحالت سولفور میباشد با اکسید قلع همراه
بوده و اضافه بر مواد خاکی قشر کان (کانگ) میباشد .

مهمترین آنها عبارتند از سولفور $\text{Fe}, \text{Ag}, \text{Cu}, \text{Zn}, \text{W}, \text{Bi}, \text{Pb}$
البته ارسنیک بحالت ارسنورواتیتی و وان بحالت انتی منور و تانگستن بحالت
تانگستات کلسیم موجود اند .

محل و طرز پیدایش - اکسید قلع در بسیاری از نقاط کره زمین پیدا شده است
مگر در قاره امریکای شمالی؛ ولى مهمترین نقاطی که این فلز قیمتی به کمیت های زیاد و
قابل استخراج بوجود آمده و بسایر نقاط دیگر دنیا صادر میگردد، عبارتند از شبه جزیره
مالزی و بیرمانی و جزایر هلند (اندونزی)، کشور سیام، چین، استرالیا؛ جزیره تاسمانیا، کشور
بولیوی؛ آفریقای جنوبی و انگلستان . بمقادیر کمتری در برتقال؛ اسپانیا؛ هندوستان؛
آلمان؛ مکزیک و الاسکا یافت میشود .

مواد اولیه قلع در شبه جزیره مالزی؛ بیرمانی و هند هلند و سیام بشکل آب و رفت
(Place r) در رود خانه های قدیمه، در مسیله ها و در زمینهای شسته شده یافت میشود .
در استرالیا، هم بشکل رگه اصلی و هم بصورت آب و رفت بهره برداری میگردد . در کشور
های چین، بولیوی و آفریقای جنوبی و در انگلستان جنوبی بصورت رگه پیدا میشود
و استخراج میگردد .

از آغاز تاریخ تا قرن هیجدهم میلادی، نیازمندیهای قلعی دنیا از معدن استان

(کورن وال) ^(۱) در جنوب غربی انگلستان و ساکسونی و بوهم تأمین میگردید و مدتی معادن قلع جزایر اندونیزی و مالزی و بیرمانی این وظیفه را انجام میدادند ولی فعلاً معادن جزبور در قوس نزولی بوده و رفته رفته مرکز استخراج به کشور بولیوی در امریکای جنوبی منتقل میشود. نظر باینکه اغلب معادن قلع امروزی در مستعمرات انگلیس است تجارت قلع در انحصار این کشور بوده و بورس این فلز در درجه اول در لندن و بعداً در نیویورک میباشد.

اصول استخراج قلع

از زمان ما قبل تاریخ تا بحال، استخراج قلع از مواد اولیه و گداز آن در کوره تحولات زیادی بخود ندیده و ترقیات و پیشرفتهائی که در اصول استخراج قلع شده فقط در طرز تهیه و آرایش مواد معدنی بوده که چگونه آنها را از ناخالصیهای مضر جدا نموده و سنگ معدنی پر عیار تر و خالص تر برای گداز بدست آورند. مراحل مختلفه ای که در استخراج قلع از اکسید تا قلع خالص انجام میگردد عبارتند از:

- ۱ - زیاد کردن عیار فلزی اکسید طبیعی و معدنی قلع بوسایل آرایش و تهیه
- ۲ - گداز اکسید قلع پر عیار شده در کوره کوچک بلند و اترژاکت و تحصیل

قلع «خام»

- ۳ - گداز اکسید قلع پر عیار شده در کوره کوچک شعله ای (روربر)

- ۴ - تصفیه قلع «خام» یا قلع سیاه به قلع خالص

اینک شرح عملیات در هر يك از مراحل بالا

۱ - زیاد کردن وغنی نمودن مواد اولیه قلع از اکسید قلع برای دو منظور است، یکی اینکه مواد اولیه قلع را از ناخالصیهای فلزی و قشر کلان (گانگ) جدا نمایند و دیگر اینکه اکسید قلعی بدست آورند که بیش از ۷۰٪ (SnO_2) داشته باشد، از این جهت بر حسب نوع ناخالصیهای فلزی موجود در مواد اولیه قلع، عملیات زیر باید قبل از گداز انجام گیرد.

(الف) تشویه مواد اولیه قلع از سنگهای معدنی آن قبل از شستن و جدا کردن

سولفورهای موجود برحسب ثقل اجسام (وزن مخصوص)

ب) تشویه مواد اولیه قلع دارد اسید سولفوریک یا اسید کلریدریک رقیق .

ج) تشویه مواد اولیه قلع دار با کربنات یا سولفات دوسود و حل کردن آنها در آب .

د) تشویه مواد اولیه قلع دار با نمک طعام و حل کردن آنها در آب یا در اسید کلریدریک رقیق

ه) شستن مواد اولیه قلع دار در دستگاه فلو تاسیون بمنظور برطرف نمودن سولفورهای فلزی که با اکسید قلع همراه میباشند .

مواد اولیه و سنگ طبیعی را پس از استخراج از معدن در ماشینهای مختلف سنگ شکن و نرم کن شکانده و خرد کرده تا بشکل گرد و ذره در آیند و در این حال آنها را در کوره تشویه قرار میدهند که در نتیجه گرمای تشویه گوگرد و آرسنیک و مواد فرار آن برطرف گردد و اغلب سولفورهای سنگین وزن تبدیل با اکسیدهای فلزی سنگین وزن شوند، تا در حین شستن و جدا کردن فلزات برحسب وزن مخصوص، روی میزهای مختلف و یا دستگاه جیگ (Jigs) بسپوات از یکدیگر مجزا شوند . اگر در مواد اولیه قلع عنصر تانگستن (W) موجود باشد، این عنصر در تشویه ساده تغییری نمیکند و برای اینکه بتوان املاح عنصر مزبور را از اکسید قلع مجزا نمود باید آنرا با کربنات و سولفات دوسود تشویه کرده تا اینکه تانگستن بصورت تانگستات دوسود که در آب قابل حال میباشد درآید . بعداً کلیه مواد را در آب حل کرده و اکسید قلع (SnO_2) که در آب غیر قابل حل باقی میماند جدا نمایند . عناصر سرب ، انتی موان ، بیزموت و نقره را میتوان بوسیله سرخ کردن مواد اولیه قلع با نمک طعام و تبدیل آنها به کلرور و حل کردن در آب از اکسید قلع جدا نمود .

۲ - گداز اکسید قلع بر عیار شده در کوه بلند و اثر ژاکت - احیاء قلع از مواد اولیه اکسید بوسیله زغال چوب یا زغال انتراسیت از زمان سابق در کوره های استوانه شکلی که بتدریج بصورت کوره بلند و اثر ژاکت درآمده اند صورت میگرفته است . اکسید قلع نسبتاً خالص رابطه طمات مناسب در آورده و با مقداری مواد گداز آ و روزغال

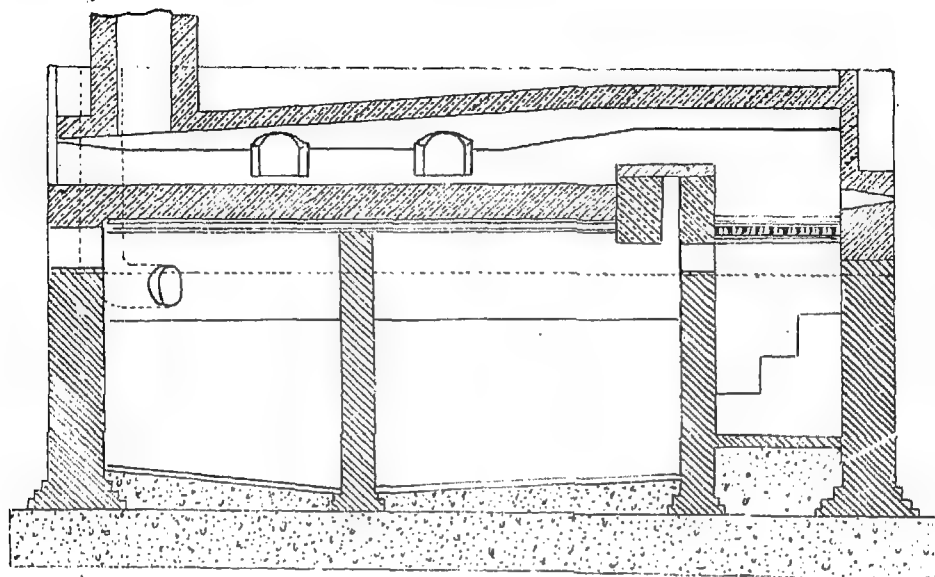
چوب یا زغال انتراسیت مخلوط کرده و باد لازم را بدرون کوره دمیده تا اینکه اکسید قلع احیاء شود. فعل و انفعالات شیمیائی که در کوره صورت میگیرد بسیار ساده است $\text{SnO}_2 + \text{C} = \text{Sn} + \text{CO}_2$ فلز قلع احیاء شد. و بشکل قلع «خام» در بوته جمع میگردد. البته تمام قلع پس از احیاء شدن بحالت آزاد باقی نمیماند و مقداری از آن با سیلیس موجود در قشر کان و مواد گداز آور در ترکیب درآمده تولید سیلیکات نموده و تشکیل سرباره میدهد و در نتیجه «بازده آنرا کم میکند. سرباره ای که در گداز اولیه تشکیل میشود حتی در بهترین شرایط مساعد مقدار معتنا بی قلع دارد و لازم است مجدداً آنرا گداخت ولی البته محصول اصلی گداز، «قلع خام» است که باید قبل از استعمال آنرا تصفیه نمود.

۳- گداز قلع در کوره شعله ای (روبربر) - چون اغلب مواد اولیه قلع بصورت گرد و ذره میباشد لذا کوره شعله ای بیش از کوره بلند در گداز و استخراج آن از مواد اولیه بکار میرود، و از طرفی دیگر کوره مزبور را میتوان بهتر در اختیار داشت و در نتیجه سرباره تمیزتری که محتوی مقدار کمتری قلع است بدست آورد. کوره شعله ای که در این مورد بکار میرود اختلاف زیادی با کوره های شعله ای معمولی ندارد جز اینکه اتاق گداز آن بیضی شکل و در وسط آن گودالی تعبیه شده که بوسیله مجرائی متصل به يك تشت بزرگی است که خارج کوره و مقابل آن قرار گرفته است و مواد مذاب یعنی قلع خام و سرباره باین تشت منتقل شده و بعداً از یکدیگر جدا میگردند.

ظرفیت کوره ها کم و طوری است که ممکن است در شبانه روز در حدود ۵ - ۱۰ تن مواد اولیه پرعیار شده را گداخته و ذوب نمود. بار کوره از مواد اولیه قلع کنسانتره باضافه مقداری مواد گداز آور و ۱۰ - ۱۵٪ زغال انتراسیت یا زغال چوب بسیار نرم تشکیل میشود. این مخلوط را در کوره قرار داده و حرارت میدهند تا اینکه اکسید قلع احیاء شود. پس از گداز مواد اولیه، مقدار گرما را بتدریج زیاد میکنند تا بین ۱۲۰۰ - ۱۳۰۰ درجه سانتی گراد باشد؛ سپس قلع خام را از تشت مقابل بوسیله ماژغه هایی برداشته و در شمش های ۳۵ - ۴۰ کیلو گرامی قالب می زنند.

سرباره حاصله را بصورت آجرهای چهارگوشی قالب زده و مورد استفاده قرار

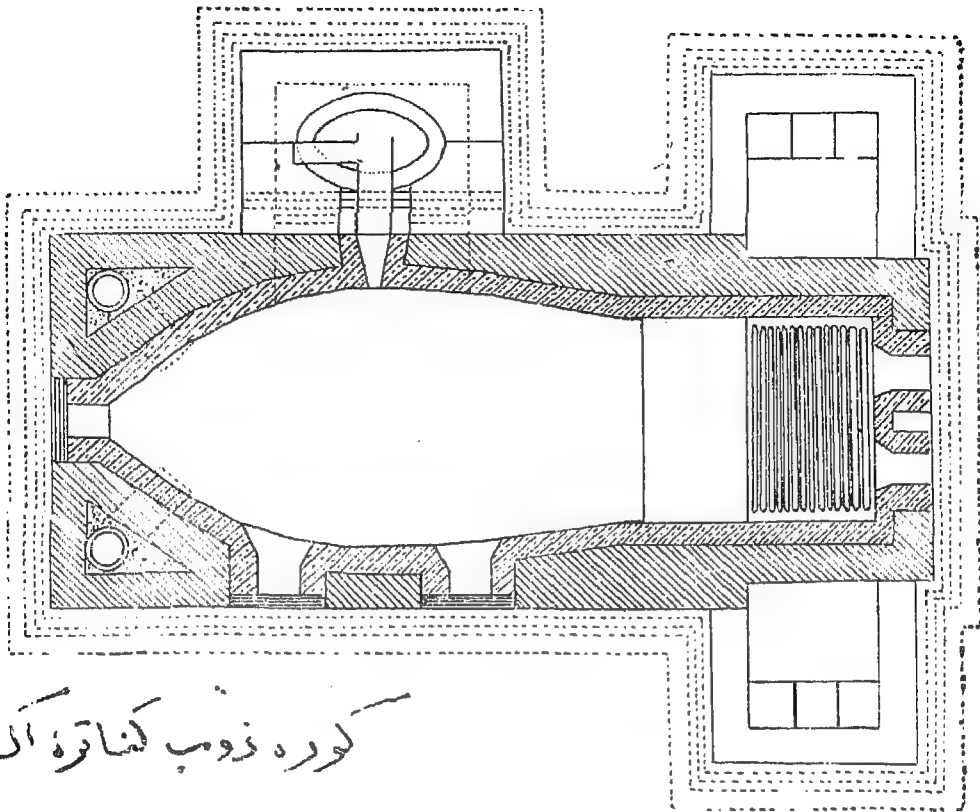
میدهند ولی اگر هر آینه قلع فلزی محتوی در سرباره قابل ملاحظه باشد، آن سرباره را با بار اصلی کوره مخلوط کرده و مجدداً ذوب میکنند.



شکل (۱۹۷) برش قائم کوره شعله‌ای گداز قلع

در موقع بارگیری و انتقال مواد اولیه که تماماً بصورت گرد میباشد، طبیعتاً دوده و غبارات زیادی تولید میشود که اگر گرفته نشوند از دهانه دودکش کوره خارج شده و به در میروند. نظر باینکه قلع فلزیست قیمتی، لذا کلیه کوره‌های گداز را باید مجهز بادستگاه غبارگیر از نوع کیسه‌ای و یا لوله‌ای نمود. در این دستگاه‌ها دوده و غبارات که از کوره خارج شده در درون سطوح داخلی لوله‌ها یا در خال و فرج کیسه‌ها (گونی) گرفته شده و بعداً بشکل گردی جمع‌آوری شده و مجدداً بشکل ماده اولیه در کوره بکار میرود.

۴ - تصفیه قلع. محصول کوره بلند و یا کوره شعله‌ای قلع خامی است که چون محتوی مقداری ناخالصی است صلاحیت استعمال مستقیم در صنعت را ندارد؛ برای اینکه قلع را همیشه بشکل خالص بکار میبرند. تصفیه قلع خام به قلع خالص به دو طریق انجام میگردد ۱- طریقه آتشی در کوره شعله‌ای ۲- طریقه الکتریکی در حوضچه‌های الکترولیز.



کوره ذوب کناتور آل

شکل (۱۹۸) برش افقی کوره گداز قلع صفحه (۵۵۹)

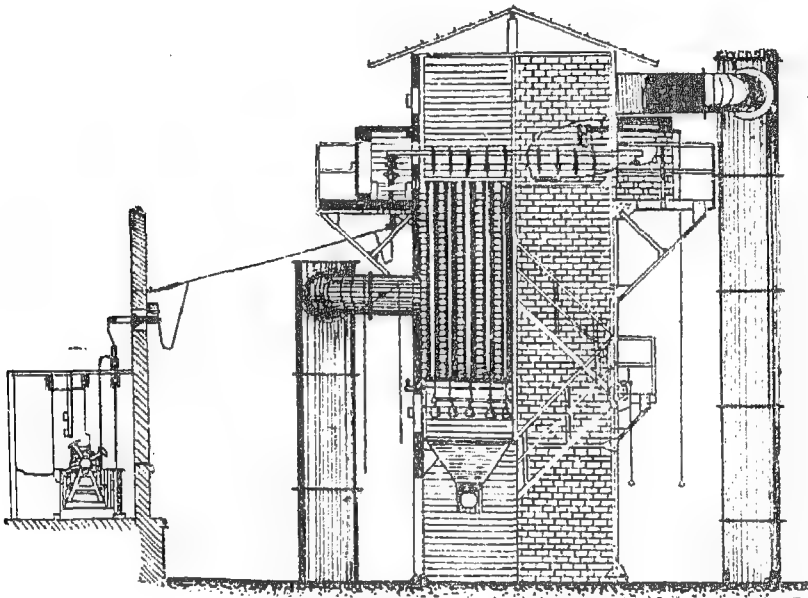
۱- تصفیه آتش قلع در دومر حله اصلی صورت میگیرد.

الف) مرحله گداز و آب کردن قلع خام

ب) مرحله جوشانیدن بهم زدن یاریختن قلع از ارتفاع.

شمس های قلع خام را در یک کوره شعله تصفیه که شباهت به کوره تصفیه روی دارد قرار داده و درجه گرما را متدرجاً زیاد کرده تا اینکه قلع از حالت جامد به حالت مایع درآید ولی ناخالصیهای موجود در آن بشکل اجسام غیر قابل حلی همچنان باقی بمانند تا بتدریج اکسید شده و روی سطح قلع گداخته شناور شوند؛ زیرا در این صورت میتوان آنها را بوسیله آلت مخصوصی برطرف نمود.

این عمل مدت زیادی بطول می‌انجامد ولی برای اینکه تصفیه قلع در مدت کوتاه‌تری انجام گیرد شمش‌های قلع ناخالص را در پاتیل بزرگ چدنی آب کرده و بتدریج درجه گرمای آنرا بالا می‌برند؛ در این موقع تنه درخت سبزی را بداخل قلع گداخته فرو برده و بهم میزنند؛ این عمل سبب میشود که رطوبت و آب و هیدرو کاربورهای فرار یک‌بار در درخت سبز میباشند فرار کرده و باخود ناخالصیهای موجود را اکسیده نموده و روی سطح قلع مذاب بالا آورند.



شکل (۱۹۹) دستگاه غبار گیر «لوله‌ای»

پس از اینکه مقداری از ناخالصیها گرفته شد، ممکن است بقیه را با عمل تهویه از بین برد. برای اینکار، قلع را بوسیله ملاغه‌هایی برداشته و از ارتفاعی مجدداً بدرون کوره یا پاتیل میریزند. در حین ریختن، اکسیژن بدرون قلع گداخته رفته و با ناخالصیهای آن ترکیب شده و آنها را تبدیل به اکسید مینماید و در نتیجه قلع خالص بدست می‌آید که بعداً در قالب‌های ۳۵ - ۴۰ کیلو گرامی یا بیشتر ریخته و بشکل شمش بی‌از عرضه میشود. تصفیه الکتریکی - اگر چه میتوان بوسیله الکترولیز قلع صد درصد خالص بدست آورد، ولی نظریه هزینه زیاد و عوامل اقتصادی مخالف، کلیه قلع خالص که در بازارهای

فلزات بفروش میرسد از طریق تصفیه آتشی بعمل میآید. طریقه الکتریکی برای بازیافت قلع از آهن ورق کهنه، (حلبی) و از باتاقانهای سوخته شده و از سایر چیزهایی که قلع دارند در امریکا از مرحله آزمایش به مرحله عمل گذارده شده و بیشتر باین منظور بکار میرود. قلع ناخالص را بشکل انود درآورده و در حوضچه های الکترولیز که محتوی محلول اسید فلوسیلیسیک H^2SiF_6 و قدری اسید سولفوریک و اسید کربنیک و صمغ مخصوص میباشد در بین کاتودهایی که از قلع خالص ساخته شده و وزن کرده و در اثر جریان الکتریسته قلع یونیزه شده و روی صفحه کاتود رسوب میکند. پس از اینکه بقدر کافی جمع شد کاتود را بیرون آورده و قسمت رسوب شده را از صفحه اصلی جدا کرده و بعداً در پاتیل مخصوصی گذاخته و بشکل شمش درمی آورند.

محصول سالیانه قلع در دنیا ۱۷۵۰۰۰ تن و مصرف سالیانه در حدود ۱۸۰۰۰۰ تن میباشد. يك سوم محصول سالیانه از معادن شبه جزیره مالزی و برمهائی و بقیه از جزایر هند هلند؛ کشور بولیوی و سایر نقاط قلع خیز دنیا بدست میآید. بزرگترین خریدار قلع کشور ایالات متحده امریکا است که در سال بیش از ۴۰٪ محصول دنیا را مصرف میکند.

موارد استعمال قلع - مهمترین مصرف کننده قلع کارخانجات حلبی و آهن ورق سازی است. برای اینکه سطوح آنها را از فیلیم نازک قلع میپوشانند و در قلع گذاشته آنها را لعاب میدهند تا اینکه در مقابل اثرات عوامل جوی و اسیدهای رقیق مقاومت کرده و زود زنگ نزنند. سالیانه در حدود ۴۰٪ محصول قلع دنیا به مصرف حلبی سازی میرسد.

در درجه دوم ساختن همبسته های لچیم است که برای لچیم کاری و سفیدگری ظروف مسی است و مخصوصاً در ایران زیاد مصرف میشود.

در درجه سوم ساختن فلز ضد اصطکاک موسوم به (Babbit) است.

در درجه چهارم ساختن همبسته مهم آن مفرغ (برنز) است که به مصرف ساختن مجسمه ها، زنگ های بزرگ ساعت و کلیسا و سایر چیزهای میرسد.

دیگر از موارد استعمال قلع ساختن لفاف های نازک برای پیچیدن و محفوظ

داشتن لبنیات و شو کولات و سایر چیزهای میباید.

در اکتشافات سطحی که در بعضی از نقاط کشور ماسده است تا بحال مواد اولیه قلع نه بصورت رگه و نه بصورت آب رفت پیدا نشده است. ولی نمیتوان این را دلالت بر عدم وجود این فلز در ایران دانست. مصرف قلع در ایران زیاد است و اغلب بازرگانان ایرانی این فلز را بمقادیر زیاد از مراکز تولید کننده وارد میکنند. مصرف قلع در ایران زیاد برای سفیدگری ظروف مسی-لحیم گری (لحیم حامی سازی) میباید.

در جدول زیر تجزیه کامل قلع های خالص که از مراکر تولید کننده به بازارهای دنیا عرضه میشود داده شده است .

جدول (۳۷) صورت تجزیه شیمیائی قلع شمشی

کشور یا شرکت سازنده	۱٪ قلع Sn	۱٪ آنتی موان Sb	۱٪ آرسنیک As	۱٪ سرب Pb	۱٪ بیزموث Bi	۱٪ مس Cu	آهن Fe	نقره Ag
شرکت قلع الکترولیتکی بولیوی	۹۹/۹۲۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	—	۰/۰۴۲	۰/۰۲۶	—	—
قلع بانکا - جزائر هند هلند	۹۹/۹۵۰	۰/۰۰۷	—	اثر	—	۰/۰۱۸	۰/۰۴۵	—
قلع باناک	۹۹/۹۳۹	اثر	۰/۰۱۳	اثر	—	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	—
قلع جزیره تاسمانی (استرالیا)	۹۹/۷۹۵	۰/۰۵۱	۰/۰۶۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲	—
قلع بیرمونت (استرالیا)	۹۹/۹۳۸	۰/۰۷۱	۰/۰۱۹	اثر	—	۰/۰۲۲	اثر	—
قلع ایروین باناک	۹۹/۵۸۰	۰/۰۶۲	۰/۰۳۴	۰/۲۲۲	۰/۰۲۵	۰/۱۲۶	۰/۰۰۲	۰/۱۸
شرکت ویلیام هاروی بولیوی و شمال افریقا	۹۹/۸۶۰	۰/۰۱۵	۰/۰۴۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۴۷	۰/۰۰۳	—
بن بول (کورتوال) انگلستان	۹۹/۷۲۰	۰/۱۱۸	۳۰۵۴	۰/۰۱۰۴۱	۰/۰۰۷	۰/۰۵۲	۰/۰۰۴	۰/۰۹
ردروث (انگلستان)	۹۹/۱۶۰	۰/۱۷۶	۰/۰۵۴	۰/۱۷۷	۰/۰۱۷	۰/۴۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۰۶
قلع چین	۹۹/۳۴۳	۰/۰۳۱	۰/۰۴۰	۰/۴۳۴	۰/۰۰۷	۰/۰۵۲	۰/۰۱۰	اثر
ویناک هونگ چین	۹۹/۶۶۲	۰/۰۳۹	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۱۲	۰/۱۳۴	۰/۰۱۴	»

فصل بیست و چهارم

طلا

رنک زرد دل پسند ، جلای فلزی درخشنده ، خواص فساد ناپذیر ، پیدا شدن آن در شن و ماسه بستر و کناره بسیاری از رودخانه ها بهترین دلائل توجه انسان اولیه بوجود این عنصر گران بهائی که تا امروز هم مقام نخست را بین سائر فلزات حائز است میباشد . اگر چه طلا نخستین فلزی است که بر انسان اولیه معلوم بوده ولی استعمال آن در زیور و آلات تجملی در عصر مفرغ یعنی پس از آموختن رموز گداز فلزات صورت گرفته است . باستانی ترین آثار طلا شوئی ، استخراج و گداز آن که تا هم اکنون باقی است در نقاط مختلف مصر علیا و سودان واقع اند و شامل گودالهای کم ژرف در سواحل ورودخانه و چاههای مختلف در نقاط کوهستانی میگردند . انسان اولیه سنگهای طلا دار را بوسیله چکشهای سنگی شکانده و در آسیاهای سنگی خرد کرده و بشکل ذرات ریز در آورده و روی سطوح موربیهی شسته تا مواد خاکی را از ذرات طلا مجزا نماید و پس از بدست آوردن مقدار کافی آن را با مواد گداز آوری مخلوط کرده و در بوتله گداخته و طلای فلزی را بدست میآورده است .

قدیمی ترین طلای فلزی بعضی علائم مطالا است که از سلسله چهارم فراعنه (۴۰۰۰ سال قبل از مسیح) در مصر علیا کشف گردیده و در بعضی آثار سلسله دوازدهم فراعنه (۲۴۰۰ سال قبل از مسیح) اطلاعاتی موجود است که میتوان بسهولت استنباط کرد که مردمان آن عصر فن طلا شوئی و استخراج و گداز آنرا حتی از سنگهای معدنی نیز میدانستند و مورد استفاده قرار داده بودند . اغلب طلائی که در ازمنه قدیمه استخراج میگردیده ، طلای آبرفت بوده . شن و ماسه طلا دار را از روی سطوح موربیهی که روی آن پوست بز یا بره قرار داده بودند با آب میشستند و در نتیجه ذرات طلا بالای موهای پوست محبوس گشته و پس از خشک کردن در آفتاب پوست را تکان داده و ذرات

طلا را جمع آوری مینمودند تا برورزمان بقدر کافی جمع شود. چندی بعد، استعمال جیوه وساختن ملقمه در استخراج طلا کشف گردید و این اکتشاف را میتوان بمنزله طلایه دانش شیمی بشمار برد، زیرا یگانه محرك و مشوق دانشمندان قدیم بدست آوردن واستخراج این فلز گران بها بود وبمنظور تغییر دادن ماهیت فلزات دیگر و تبدیل آنها به طلا بود که کیمیاگران تمام جدوجهد خود را در پیدا کردن راه حل این معما مبذول میداشتند. از سده چهارم تا سده پانزدهم میلادی دانش شیمی به «کیمی» یا «الکیمیاء» موصوف بود، و اصول مهم آن بر روی عملیات استحاله فلزات و تغییر دادن ماهیت فلزات بست و تبدیل آنها به طلا ونقره چرخ میزد. تمام سعی و کوشش دانشمندان این دوره در نیل باین مقصود وبدست آوردن «اکسیر» مصرف میگردد، تا اینکه پاراسلسوس Paracelsus اصول تجزیه و پیدایش ترکیبات شیمایی دواجات؛ و اگر بکول Agricola اصول ومبانی گداز فلزات را بصورت کتاب درآوردند وبعالم تمدن تقدیم داشتند.

طلا بدون شك محرك و سبب اصلی بسیاری از جنگها، غارتگری و چپاولها و مسافرتهاى خطرناک بوده است که در نتیجه آن خونریزی وشقاوت وتوحش نصیب اقوام بنی آدم گردیده ولی در آن واحد باید اذعان کرد که طلا بیش از هر عنصر فلزی موجب ترقی و پیشرفت تمدن بوده است؛ زیرا ما حاصل تفحصات وتجسسات وجد وجهد کیمیاگران باستانی پیدایش دانش بسیار ضروری وحیاتی یعنی شیمی، ونتیجه کاوش وجستجو ومسافرتهاى خطرناک ماجرا جویان ومخاطره طلبان، کشف ممالک تازه و شناسائی کامل به نقاط مختلف مجهول کره زمین وبالاخره بسط وتوسعه تمدن بشر بوده است.

خواص فیزیکی - خواص چکشخواری، تورق و مغلول شدن (مالیابیلیته و دوکتیلیته) طلا از تمام فلزات بیشتر و در درجه یکم میباشد؛ زیرا میتوان يك گرام طلا را بقدری باچکش نرم ومسطح نمود که بتواند مساحتی برابر ۵۶/۰ متر مربع را اشغال کند وهمچنین از آن يك ورق نازکی ساخت که کلفتی آن در حدود ۰۰۰۰۰۸۴/۰ سانتی متر باشد بایک گرام طلا میتوان سیمی بطول ۲۳۵۰ متر ساخت. رنگ زرد طلا در اثر وجود ناخالصیهائی مانند نقره، نیکل وآهن تغییر میکند. طلا از نقره نرم تر ولی از قلع سخت تر میباشد ومقاومت آن در برابر نیروی کشش در حدود ۱۲۰۰ کیلو گرم در سانتی متر مربع است.

طلا سنگین ترین فلز معمولی بوده و وزن مخصوص آن در حالت ریخته شده ۱۹/۲۹ و در حالت نورد و چکش شده ۱۹/۳۷ می باشد. طلا در ۱۰۶۳ درجه سانتی گراد گداخته و بحالت مایع و در ۲۵۲۰ درجه سانتی گراد بجوش در می آید، ولی تمخیر و تصفیه آن از ۱۱۰۰ درجه آغاز میگردد. هدایت الکتریکی آن ۷۶/۷ درصد نقره می باشد و هدایت گرمایی آن نصف هدایت گرمایی نقره است.

خواص شیمیائی - علامت شیمیائی طلا (Au) و وزن اتمی آن ۱۹۷/۳ است. عوامل جوی و اسیدهای معدنی به تنهایی و چه در حالت سرد و چه گرم به طلا اثر نکرده و برای این خواص بود که قدما طلا را بر سایر فلزات در ساختن اشیاء فلزی ترجیح میدادند طلا در تیزاب سلطانی؛ محلول کلور، و بمقدار کمتری در برم و یود به سهولت حل گشته و تولید املاح مربوطه را میکند.

طلا بشکل ذرات در محلول سیانور پتاس یا سود در مجاورت هوا حل میشود و بشکل محلول سیانور $KAu(CN)_2$ در می آید. که هر گاه در تحت عوامل احیاء کننده واقع شود، طلا آزاد شده و بشکل گرد سیاه رنگی رسوب میکند. وجود ناخالصیها ولو بمقادیر بسیار جزئی تغیراتی در خواص طلا میدهد. مقادیر جزئی از Bi, Pb, Sn, Sb, Cd طلا را سخت و شکننده میسازند و از حیز انتقاع ساقط میکنند. بزموت بمقدار ۰/۰۵٪ طلا را بقدری سرد و شکننده میسازد که میتوان آنرا با فشار دست خور و ریز کرد.

طلا با بسیاری از فلزات در آمیزش شیمیائی در آمده و تولید همبسته مینساید ولی همبسته هایی که از نقطه نظر صنایع اهمیت دارند عبارتند از همبسته طلا با نقره - پلاتینم - مس - جیوه و آلومی نیم.

مواد اولیه و سنگهای معدنی طلا

حالت طبیعی. طلا بشکل ذرات بسیار ذره بینی و در حالت طلای «اولیه» در تمام سنگهای قشر زمین، چه آتشفشانی و چه رسوبی و در آب دریاها و اقیانوسها یافت میشود. در نتیجه آزمایشهای زیاد امروز معلوم گردیده که مقدار تقریبی طلا در سنگهای آتشفشانی ۰/۰۶۲ قسمت در یک میلیون؛ در سنگهای رسوبی ۰/۰۱۵ قسمت در یک میلیون

و در آب دریاها ۰/۰۲۶ قسمت در يك ميليون میباشد. در سنگهای آذری بیشتر و به کمیت های، قابل استخراج در سنگهای بازالت - گابرو - دیوریت و بعداً در گرانیت و گوارتز؛ در سنگهای رسوبی اغلب در سنگهای شیستی و سنگ لوح و در درجه دوم در سنگهای شنی و آهکی یافت میشود.

سنگهای معدنی طلا - ۱ - در رگه های گوارتز - طلا در رگه های گوارتز بشکل ذرات پراکنده در خمیره فشرده شده آن، بحالت آزاد یافت میشود و مهم ترین آنها شامل سنگهای گرانیت - گنایس - تراکیت - اندسیت - بازالت و دیوریت - گابرو و شیسست میباشد ۲ - طلای بستر رودخانه ها یا طلای آب رفت که در اصطلاح Placer مینامند طلای آب رفت بر دو نوع است. الف) آب رفت های سطحی ب) ابرفت های عمقی:

الف) آب رفت های سطحی عبارتند از شن زارها و بسترهای جدید الاحداث که در کناره و در کف رودخانه های ابدار و زنده که حامل ذرات طلا هستند بوجود می آیند. در بستر این آب رفت ها، چه رودخانه و چه مسیل، همیشه طلا بشکل ذرات ودانه های بسیار کوچک و فلس های بسیار نازک در لابلای شن و ماسه و لجن گسترده شده است گاهی اوقات تیکه های بزرگ و قابل ملاحظه ای که طلا در آن تمرکز یافته اتفاقاً پیدا میشود و بزرگترین قطعه ای که تا بحال پیدا شده و در تاریخ به ثبت رسیده قطعه ایست موسوم به ^(۱) بوزن ۹۵/۶ کیلو گرم که در سال ۱۸۸۶ در ویکتوریا، جنوب افریقا نزد یک بسطاح زمین پیدا شده است.

ذرات طلای آب رفت همیشه با سایر مواد معدنی از قبیل طلای سفید - مانیتیت پیریت آهن - ایلمنیت، زیرکن - گارنت - روتیل - باریت و لفرام، کلسیت و گاهی اوقات الماس به همراه میباشد.

ب) آب رفت های عمقی عبارتند از شن زارهای بستر رودخانه و مسیل های کهنه که در نتیجه عوامل طبیعی از قبیل فرسایش Erosion و گدازه آتشفشانها در تحت طبقات خاک و سنگهای مختلف مدفون شده اند ولی عیناً مانند آب رفت ها سطحی بوده و

هیچ تفاوتی ندارند. طلا در اینگونه آبرفتها، بازبشکل ذرات ریز و فلسهای بسیار نازک در لابلای شن و ماسه بوجود آمده است.

۳ - طلا بحالت ترکیب در سنگهای تلوریم دار در بعضی از نقاط استرالیای غربی و اتریش و آمریکا باشکال مختلف یافت و استخراج میگردد - مهمترین آنها عبارتند از الف - کالوریت Calverite بفورمول $(\text{Au Ag})\text{Te}$ در غرب استرالیا و کالیفرنیا موجود است.

ب - بتزیت Petzite بفورمول Ag_2Te که مقداری طلا نیز به همراه دارد.

ج - کالگورلیت $(\text{AgAu}_2\text{Ag}_6\text{Te}_6)\text{Kaigoorlite}$ در غرب استرالیا یافت میشود.

د - کولگاردیت Koolgardite بفورمول (Au. Ag. HgTe_6) در ناحیه کالگورلی در غرب استرالیا یافت میشود.

۴ - طلا بشکل ذرات آزاد ولی مختلط در بسیاری از سنگهای معدنی سولفور مس؛ سرب؛ روی و آهن موجود است. برای بدست آوردن طلای موجود این مواد اولیه، ابتداء فلزات اصلی آنها را استخراج نموده و بعداً در حین تصفیه طلا و نقره را استخراج میکنند، البته این طلا محصول درجه دوم یا محصول فرعی بشمار میرود. یکی از علل تصفیه الکتریکی بعضی از فلزات از قبیل مس و سرب همین بدست آوردن طلای موجود در آنها میباشد.

پخش جغرافیائی طلا - طلا در بسیاری از نقاط کره زمین یافت میشود ولی در جاهائیکه به کمیت های بازرگانی استخراج میگردد عبارتند از: ۱ - اروپا - در اتریش ترانسلفانی؛ تیرویل؛ سوئد؛ فنلاند؛ انگلستان؛ روسیه در اورال شرقی و غربی و در سیبری.

۲ - آسیا - در هندوستان نواحی مایسور و مدراس؛ کره؛ چین؛ ژاپون؛ جزایر سوماترا و مالزی و فیلیپین.

۳ - آمریکا - در آمریکای شمالی - آلاسکا؛ ایالت متحده آمریکا در نواحی کالیفرنیا کولورادو؛ داکوتا؛ اریزونا؛ یوتا. در مکزیک و آمریکای مرکزی. در آمریکای جنوبی در کشورهای کلمبیا، بولیوی؛ شیلی؛ برزیل؛ و پرو.

۴- افریقا. در سواحل غربی افریقا، حبشه؛ ترانسوال، رودزی شمالی و جنوبی جزیره ماداگاسکار؛ مصر و سودان.

۵- استرالیا در قسمت غربی و در جزیره تازمانیا وزلانند جدید یافت و استخراج می گردد.

در ایران آثار و علائم طلاشوئی در نقاطی موجود است که از دیر زمانی از آنها طلا بدست میآمده است و این نقاط عبارتند از نواحی همدان نزدیک الوند؛ در نواحی دامغان کوه زر؛ در جنوب اراك دهکده آستانه و بیشه؛ در دره رودخانه آب دیز اخیراً بانك صنعتی و معدنی ایران يك دسته اکتشافی جهت کاوش و طلاشوئی باین نقطه فرستاده و تا بحال اثار و علائم مثبتی بدست آورده اند. البته طلائی که در این نقاط بدست خواهد آمد طلای اولیه و آزاد خواهد بود. طلای مختلط با سنگهای معدنی دیگر در معدن مس زنجان و معدن خونی در اراك موجود است.

اصول استخراج

طلاشوئی با وسایل ساده - طلائی که بشکل ذرات بسیار ریز و ذره و فلسهای نازک در آب رفته و بستر رودخانه های خشک و آب دار و سیلها بین شن و ماسه پیدا میشود از طریق شستن بدست میآید. عمل طلاشوئی در اسبابهای بسیار ساده از قبیل لاوک یا تشت و گهواره و بند و سدهای باریک و دراز که غالباً از چوب و تخته ساخته میشوند صورت میگیرد.

۱- لاوک یا تشت طلاشوئی - لاوک که از هزاران سال قبل در شستن شن و ماسه های طلا دارد درست بشر بوده از يك تشت با ظرف آهنی کم عمقی که قطار قاعده مسطح و هموار آن ۲۰ - ۲۵ سانتی متر و گودی آن ۶ - ۸ سانتی متر و لبه یا کناره آن با قاعده زاویه ۴۵ درجه میسازد، تشکیل شده است. لاوک را با از پولاد ورق و یا از تخته میسازند طرز استعمال لاوک از اینقرار است:

ابتدا دو سوم ظرف را از خاک بستر رودخانه که احتمالاً محتوی طلا است پر کرده و بادست شن و ماسه و گل ولای را بهم زده تا اینکه ذرات بهم چسبیده و متراکم از هم جدا شده و متلاشی شوند و آب گل آلود گردد. سپس لاوک را با دو دست گرفته و

مانند غریبل یا سرنده حرکت دورانی بآن میدهند بقسمیکه مواد بر حسب قانون نقل اجسام در داخل لایه طبقه بندی شوند؛ یعنی ذرات سبک وزن در بالا و ذرات سنگین وزن در زیر قرار گیرند. قلوه سنگ و تیکه های بزرگ را با دست بر ظرف کرده و حرکت دورانی را همچنان ادامه داده و باریختن آب اضافی مواد بی ارزش و خاک را بیرون ریخته و ذرات فلزی را در ته لایه نگاه میدارند؛ پس از چند مرتبه شستن ذرات فلزی که ته لایه باقی میماند در ظرف دیگری جمع کرده تا اینکه مقدار کافی بدست آید؛ آنوقت ذرات طلا را از ذرات شن سیاه، مانیتیت و ایلمنیت جدا کرده و طلا را با بوسیله ملقمه و با بوسیله هوا دادن بدست میآورند.

۲ - گهواره - گهواره طلا شویی از یک صندوق تخته مکعب مستطیل شکل که با ارتفاع ۰/۹۰ و بعرض ۰/۴۵ متر میباشد و روی دو پایه منحنی قرار گرفته تشکیل شده است و طرز استعمال آن چنین است: شن و ماسه طلا دار را با بیل برداشته و داخل صندوقی که در کف آن یک شبکه تور فلزی مانند غریبل قرار گرفته و دارای سوراخهایی بقطر ۱ - ۱/۵ سانتیمتر است میریزند و گهواره را با دست بنوسان در میآورند. در نتیجه این حرکت نوسانی، مواد ریز از درشت جدا شده و از سوراخهای غریبل پایین



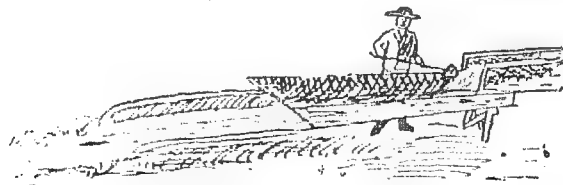
شکل (۲۰۰) گهواره طلا شویی

افتاد، و روی سطح مورب جاری میگردد در داخل گهواره حائلی از یک قطعه تخته هموار و مسطحی ساخته شده که روی آن پتو یا نم بسیار خوبی پوشیده شده. در حین جاری شدن مواد، طلائی که بشکل ذرات بسیار ریز است لا بلای موهای پتو یا نم در سطح مورب گرفته میشود و ذرات بزرگ یا شن و ماسه به کف گهواره آمده و در اینجا به دو مانع

که محتوی جیوه نیز میباشد بر خورد کرده و طلا با جیوه تولید ملقمه مینماید و بقیه مواد خاکی با آب اضافی بخارج شسته میشوند. برای خارج کردن طلا، مواع و حائل را برداشته، در خارج شسته و طلائی که بآنها چسبیده در ظرف دیگری جمع نموده تا بقدر کافی که مناسب برای عملیات گداز باشد بدست آید.

۳- بند یاسدهای تخته‌ای- بند یا ناودانهای تخته از صندوقهای دراز و ذوزنقه شکل تشکیل شده که یکطرف آنها باز میباشد. طول هر ناودان در حدود ۴ متر و عرض آن در قسمت سر ۰/۵ متر و در قسمت پا ۰/۷۵ متر و گودی آن ۰/۲۵ متر است. صندوقها را طوری میسازند که میتوانند یکی بعد از دیگری روی هم آب به لب قرار گیرند. صندوق یا ناودانها را روی خرپا با نشیب ۱: ۱۲ یا بیشتر مستقر میسازند که بشکل يك جوی آبی در آیند. در ناودانهای آخری چند عدد شیار چوبی در كف آنها میگذارند که تا حدی مانع بیرون رفتن و مقعود شدن ذرات طلا باشند و ماسه های سبك وزن گردد. برای شستن طلا بستر رودخانه یا مسیلى را ابتداء كننده و با آب مخلوط کرده بصورت گل ولای در آورده و روی این ناودانها با آب اضافی بجریان می اندازند. ذرات شن و ماسه از هم متلاشی شده و ذرات سبك وزن با آب شسته شده و از يك ناودان به ناودان دیگری رفته و بالاخره بخارج میریزد، ولی ذرات طلا و فلزات سنگین وزن دیگر در ته ناودانها ته نشین شده و بالای شیارها گیر کرده و جمع میگرددند. برای اینکه ذرات طلا بتوانند کاملاً از ذرات شن و ماسه و گل ولای جدا شوند باید طول ناودانها زیاد باشد و به ۱۰۰ متر یا بیشتر برسد.

گاهی اوقات مقداری جیوه در جریان مواد میگذارند که زود تر طلا را بخود



(شکل ۲۰۱) ناودانهای طلاشویی

بگیرد و بشکل ملقمه در آورده. شستن مواد طلا دار بدین طریق هر روز ادامه دارد ولی در هر هفته یکمرتبه جریان مواد را از درون ناودانها متوقف ساخته و ذرات طلا که در

کف ناودانها جمع شده جاروب کرده و خارج نموده و در ظرف دیگری گرد می آورند که پس از رسیدن به حد کافی گداخته و بشکل قطعات فلزی یا شمش در آورند. نظر باینکه ممکن است مقداری طلا گرفته نشود و با آب بیرون رود و بیهوده تلف شود، لذا در کف بعضی از ناودانها چند عدد پوست بز یا بره یا پتوئی میگسترانند که ذرات طلا را بلای موی آنها گرفته شود. اگر آب رودخانه ای که در بستر آن طلا موجود است زیاد نباشد میتوان بستر رودخانه را در نقاط مختلفی کمی گود کرد و در ته گودال پتو یا پوستی جای داد. بعداً خاک بستر قسمت بالاتر رودخانه را بهم زده و آب را عمداً گل آلود کرده تا اینکه ذرات ته نشین شده از جای خود بحرکت در آمده و با جریان آب به جلو روند. در نتیجه این عمل، ذرات طلا که با آب رودخانه در جریان میافتند موقع رسیدن بگودالها دفعتاً پائین افتاده و لا بلای موی پتو یا پوست گیر کرده در آنها باقی میمانند. پس از مدتی پتو و پوستها را بیرون آورده، در آفتاب خشک کرده و تکان میدهند و ذرات طلا را بدینقسم جمع مینمایند. البته این عمل موقعی امکان پذیر است که اولاً آب رودخانه زیاد نباشد و ثانیاً طلا در خاک بستر، زیاد در عمق نباشد. ولی در رودخانه های عمیق که در بستر آنها طلا موجود است خاک بستر را باید بوسیله کشتی «شن کش»، کنده، بالا آورد و روی صحنه کشتی یا نزدیک بساحل عمل شستن را انجام داد. استخراج طلا از بستر رودخانه های پر ژرف بوسیله کشتی های شن کش صورت میگیرد و این عمل را بانگلیسی به Dredging مینامند و خود کشتی که مخصوص اینکار ساخته میشود به Dredge معروف است.

استخراج طلا از رگه های کوارتز و سنگهای معدنی غیر از آب رفت -
طلائیکه بشکل ذرات ریز و پراکنده در خمیره فشرده شده رگه های کوارتز یا سنگهای دیگر بوجود آمده است بطرق زیر استخراج میگردد.

۱- طریقه ملقمه

۲- طریقه سیانوراسیون

۳- طریقه کلوریناسیون

۱- طریقه ملقمه (۱) - اگر در رگه کوارتز Quartz، طلا بیشتر بحالت آزاد بوجود آمده و سولفور و آرسنور فلزات دیگر به همراه نداشته باشد؛ طلا را میتوان در آن

صورت بوسیله ملقمه نمودن با جیوه جدا نمود. معمولاً در يك رگه طلا دار، آن قسمتی که نزدیک به سطح است و تحت عوامل جوی واقع شده است، میتوان با ملقمه جدا نمود و بدست آورد. استخراج طلا در این طریقه مشتمل مراحل زیر میگردد.

(الف) شکاندن مواد اولیه، خورد کردن و آسیانمودن آنها در ماشینهای مربوطه.
(ب) تماس دادن مواد طلا دار خورد شده با جیوه و تشکیل ملقمه.
(ج) جدا کردن ملقمه از مواد دیگر.

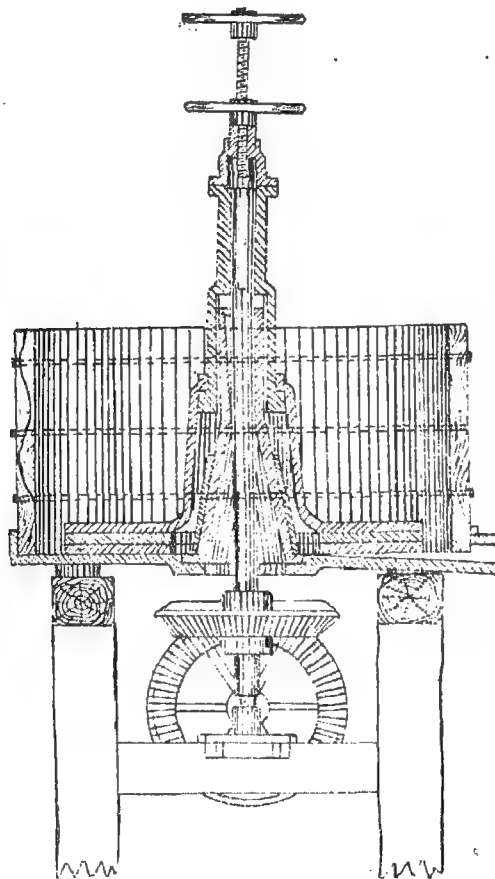
(د) گرما دادن ملقمه در بوتله مخصوص و باز یافتن جیوه و در آوردن طلا به شکل رسوب سیاه.

(ه) - گذاختن رسوب سیاه با مواد گداز آور مناسب و در آوردن طلا بصورت شمش اینك بشرح هر يك از مراحل نامبرده در بالای پردازیم.

(الف) شکاندن و خورد کردن - عملیات شکاندن، خورد کردن و در آوردن مواد اولیه و سنگهای معدنی بشکل گرد اولین مرحله ایست که در هر طریقه استخراج طلا باید انجام شود؛ زیرا ابتداء باید ذرات طلا را از سنگ مادری جدا نموده و آزاد ساخت و بعداً با استخراج آن پرداخت. پس از آنکه سنگهای معدنی را بوسیله سوراخ کردن با چکش های هوای متراکم و منفجر نمودن با دینامیت بقطعات قابل حملی در آوردند آنها را در ماشینهای سنگ شکن خواه از نوع فکی و خواه از نوع مخروطی و دورانی (فصل هشتم) ریخته و بقطعات و تیکه های کوچک بقطر ۲ - ۵ سانتی متر درمی آورند سپس قطعات شکسته شده را به ماشینهای خورد کن؛ باز خواه از نوع «تر» یا از نوع «خشك» فرستاده و مواد اولیه را خورد کرده و باندازه دانه خشخاش درمی آورند.

مهمترین ماشینهای سنگ شکن عبارتند از ماشین Blake و Symmons و آسیاهای خورد کن که بیش از هر ماشین دیگری در استخراج طلا و نقره بکار میروند عبارتند از هاون های میکائیکی موسوم به Stamp Mill که بفرانسه به Brocard معروف اند. هاون میکائیکی از يك هاون چدنی ضخیم که درون آن از صفحات فولاد کروم یا مانگانیز دار پوشش یافته و روی يك اساس بتون مسلح بسیار محکمی ساخته شده است و دارای يك یا چند دسته هاون میباشد تشکیل شده است. دسته های هاون متصل به

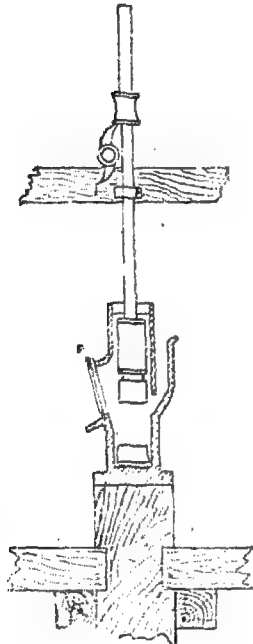
زبانۀ وزبانۀ از طرفی بوسیله میلۀ باچرخ دندۀ بحرکت درمیآید. هر دستۀ در یک دقیقه در حدود ۱۰۰ مرتبۀ از ارتفاع ۱۵-۲۵ سانتی متر بداخل هاون کوبیده شدۀ و مواد را خورد و خاکشیر و ارمیسازد. هاون های بزرگ که دارای پنج دستۀ میباشد، دستۀ ها با نظم و ترتیب معینی بالا و پائین میروند. نظام معمولی عبارت است از ۱- ۴- ۲- ۳- یعنی اول دستۀ اولی بالا میرود بعد چهارمی پائین می افتد و پنجمی بالا میرود و سومی پائین می افتد. بقیه می که یک تعادلی در داخل هاون و بین امواج و نیروئی که در نتیجۀ ضربات متوالی و مستمر بوجود می آید برقرار میباشد. بلافاصله در جلوئی بدنۀ هاون، یک شبکۀ توری



(شکل ۲۰۲) آسیاء کوچک «معلقه»

فلزی کار گذارده شدۀ و مواد خورد شدۀ که ریز تر از سوراخ تور شبکۀ میباشد در اثر

ضربات دسته ها با فشار از درون سوراخها خارج شده و روی میز ملقمه سرازیر میگرددند ذرات درشت تر البته پس از تصادم با تور. بدرون هاون برگشته و خورد شده تا اینکه باندازه مناسب برسند. موادیکه بدینقسم در آب خورد میشوند و بالطبع بشکل گل ولای درمیآیند در اصطلاح به پولپ Pulp موسوم اند.



ملقمه (Amalgam) - میل ترکیبی

جیوه با طلا زیاد و وقتی که طلا بصورت ذرات ریز و آزاد باشد میتوان آنرا با آسانی در جیوه جمع نمود و بشکل مخلوطی در آورد که در اصطلاح ملقمه یا «اما لگام» معروف است. سنك های معدنی طلا دار که در هاون میکانیکی پس از خورد شدن بشکل پولپ بیرون میآیند، چون به قطر $0/15 - 0/42$ میلیمتر بوده میتوانند با آسانی با جیوه ترکیب ملقمه بدهند. عمل ملقمه معمولاً روی میز و یاد بعضی از هاونهای کوچک و وسایل

(شکل ۲۰۳) هاون میکانیکی برای خورد کردن مواد اولیه طلا

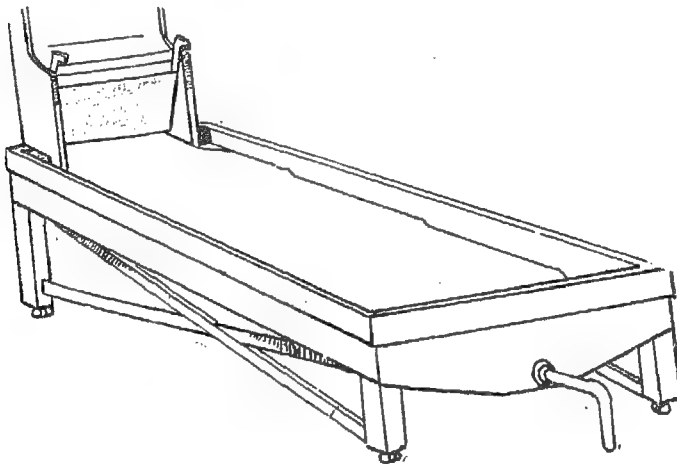
خورد کردن «تر» انجام میگردد.

میز ملقمه - میز ملقمه را متصل بدستگاه هاون میکانیکی (Stamp Mill)

قرار داده تا اینکه مواد خورد و نرم شده که در نتیجه ضربات دسته های هاون از سوراخهای شبکه توری بیرون میجهند روی سطح میز ملقمه سرازیر شده و طلای خود را به جیوه داده و با آن تولید ملقمه بنمایند. عرض میز معمولاً برابر طول هاون و طول میز نسبت به ظرفیت دستگاه بین $2/5 - 6/5$ متر تغییر میکند و آنرا با یک شیب ملایمی $4 - 15/100$ روی پایه های چوبی یا فلزی مستقر میسازند تا اینکه پولپ بسهولت و بدون مانع، روی آن جاری شود. بدنه اصلی میز را از الوار کلفت تخته ولسی روی آن را از صفحات نازک مس خالص یا نقره و یا مسیکه روی آن آب نقره داده شده باشد میپوشانند

قبل از گذاشتن صفحات مس روی میز باید بوسیله کاغذ سمباده سطوح آنها را کاملاً شفاف و صیقلی نمود، روغن و چربی آنها را گرفت و سپس مقداری جیوه را با کلرور دامونیم و یا سیانو رپتاسیم مخلوط کرده داخل پوست جیر نموده و با آن روی سطح فلزی میز را مالش داد. بعد از آن قدری ملقمه نقره روی آن مالید و بدینقسم سطح میز را آماده برای ملقمه نمودن ساخت.

شرح عمل - صفحات مسی را به ترتیبی که ذکر شد تهیه نموده، روی میز ملقمه قرار داده و مواد اولیه طلا در که در درون هاون بشکل پولپ درآمده است از روی

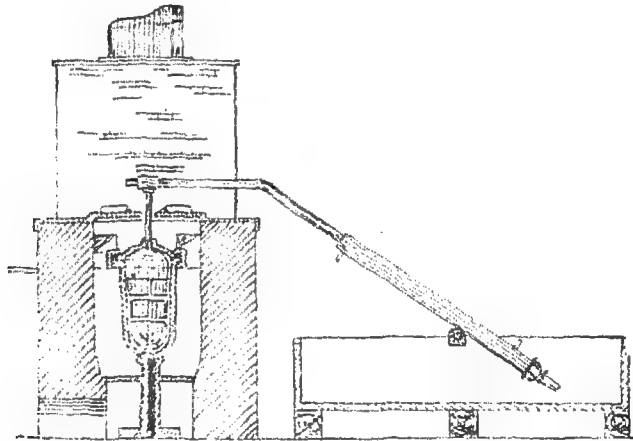


میز ملقمه [AMALGAMATION]

(شکل ۲۰۴) میز ملقمه در استخراج طلا

میز بجریان میاندازند. ذرات طلای آزاد با جیوه تولید ملقمه نموده و در نتیجه روی سطح میز لکه های سیاه و کدوری بوجود می آورند. پس از چندی جریان را متوقف ساخته و روی سطح میز را بوسیله چاقو و یا تیغه ای می تراشند و لکه های سیاه را برداشته و در پارچه پتو یا جیرمانندی جمع میکنند. مجدداً مقداری جیوه روی میز ریخته و پولپ را بجریان میاندازند، تا باز ملقمه صورت گیرد. مقدار آب پولپ باید طوری باشد که روی میز همیشه تر بشود و هیچ قسمتی از آن خشک نماند. در عمل ملقمه، مقدار جیوه ای که مفقود میشود و یا هدر میرود نسبتاً زیاد است و در حدود ۱۰ - ۳۰ گرام در هر یک تن پولپ

است. قسمت اعظم جیوه در اثر ناخوش شدن آن از بین می‌رود، زیرا وقتی که جیوه بصورت ذرات بسیار ریز درآید که نتواند دیگر ذرات طلا را در خود نگاه دارد و با خود بگیرد و بسطح می‌زملقمه به چسباند آن‌گاه جیوه «ناخوش» شده است. علت ناخوش شدن جیوه وجود چربی و روغن است که در پولپ اتفاقاً ریخته می‌شود و آنرا آلوده می‌سازد. وقتی که ملقمه بمقدار کافی جمع شد آنرا در پارچه جیری قرار داده و بوسیله فشار، جیوه آزاد و زیاده را بیرون می‌آورند، و خاک یا رسوب سیاهی که باقی می‌ماند در بوته چدنی که متصل به لوله تقطیر جیوه می‌باشد قرار داده، حرارت داده تا اینکه جیوه باقی مانده تبخیر شده و بوسیله تقطیر بدست آید تا مجدداً استعمال شود.



(شکل ۲۰۵) بوته تقطیر «ملقمه»

آنچه که در بوته پس از برطرف نمودن جیوه باقی می‌ماند همبسته طلا و نقره بوده که پس از مخلوط کردن با مقداری بورا کس در بوته دیگری گداخته، کثافات و ناخالصیهای آنرا بصورت سرباره درآورده و طلا و نقره را بشکل شمش میریزند که بعداً جهت ارزش حقیقی، آنها را از یکدیگر جدا می‌کنند.

استخراج طلا بوسیله ملقمه طریقه بسیار قدیمی است و بسازده خوبی ندارد زیرا از کلیه طلای موجود در مواد معدنی حتی در بهترین شرایط نمیتوان بیش از ۵۰٪ آنرا استخراج نمود و بقیه تلف می‌شود؛ از این جهت امروز در کلیه معادن طلا طریقه سیانوراسیون معمول و متداول گردیده و طریقه ملقمه را فقط در چین جریان عمل برای

باز یافتن ذرات درشت طلا در مقابل دستگاه هاون میکانیکی یا وسایل نرم کن دیگر بکار میبرند ولی قسمت اعظم طلا را بوسیله سیانوراسیون بدست میآورند. مهمترین عوامل مفقود شدن طلا و تلف شدن آن در طریقه ملقمه عبارتند از:

۱ - طلائیکه بصورت ذرات بسیار بسیار ریز روی سطح آب شناور گشته و با آب پولپ خارج میشود.

۲ - ذرات طلا که از اکسید آهن پوشیده شده و با جیوه تولید ملقمه ننموده و تلف میگردد.

۳ - جیوه ناخوش شده مقداری طلا را با خود میبرد که دیگر بدست نمیآید.

۴ - از بین رفتن و گم شدن قطعات کوچک ملقمه در اثر اهمال در حین تراشیدن آنها از سطح میز ملقمه.

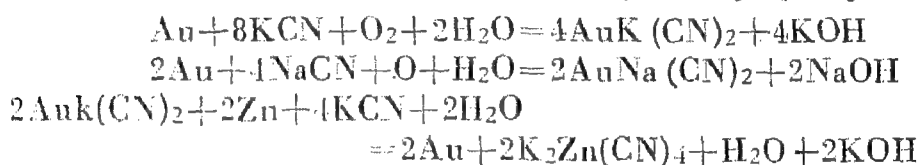
۵ - گم شدن طلا با مواد معدنی سولفور و یا تلور که احتمالاً در مواد اولیه طلا وجود دارند.

۶ - طلائیکه در بقیه پولپ همچنان باقی میماند بوسیله عمل ملقمه گرفته نمیشود.

۴ - طریقه سیانوراسیون (۱)

مهمترین و تازه ترین روش استخراج طلا از مواد معدنی روش سیانوراسیون میباشد که در ۱۸۸۹ میلادی بوسیله McArthur و Forrest اکتشاف گردیده و در یکی از معادن زلاند جدید بمرحله عمل گذارده شد. روش نامبرده ابتداء برای بدست آوردن طلائیکه در مواد معدنی پس از ملقمه باقی مانده بود بکار رفت و چون نتایج حاصله بسیار رضایت بخش بود لذا استعمال آن بمنظور استخراج تمام طلای موجود در مواد معدنی بکار رفت و در فاصله کوتاهی در کلیه معادن طلا و از همه مهمتر در معادن افریقای جنوبی باندازه ای معمول و متداول گشت که تمام طرق دیگر را متروک نمود. امروز طریقه سیانوراسیون یگانه روش استخراج طلا میباشد که در تمام معادن بزرگ دنیا معمول است؛ در صورتیکه طریقه ملقمه یکی از مراحل استخراج در این طریقه اصلی بشمار میرود.

اصول شیمیائی - طریقه سیانوراسیون بسیار ساده و عبارت است از حل کردن مواد طلا دار خورد شده در محلول رقیق سیانور پتاسیم یا سیانور سودیم که غلظت آن آن کمتر از ۱٪ باشد، و در آوردن طلا بصورت محلول مضاعف سیانور. سپس رسوب دادن طلا و نقره از محلول مزبور بوسیله براده روی و در آوردن آنها بشکل رسوب سیاه؛ بعداً رسوب نامبرده را با مواد گداز آور مناسبی مخلوط کرده، گرما داده و پس از گداختن، طلا و نقره را بشکل شمش در میآورند. فعل و انفعالات شیمیائی که در عملیات بالا صورت میگیرند از اینقرارند :



استخراج طلا در روش سیانوراسیون شامل این مراحل میگردد .

۱ - تهیه مواد اولیه طلا دار یعنی شکاندن؛ خورد کردن؛ نرم کردن و جدا نمودن آنها بصورت شن و ماسه

۲ - شستن طلا از شن بوسیله عمل پرکلاسیون Percolation

۳ - شستن طلا از ماسه و مواد اجن وار بوسیله حل کردن در محلول رقیق سیانور پتاسیم یا سدیم بطریقه اجیتاسیون Agitation

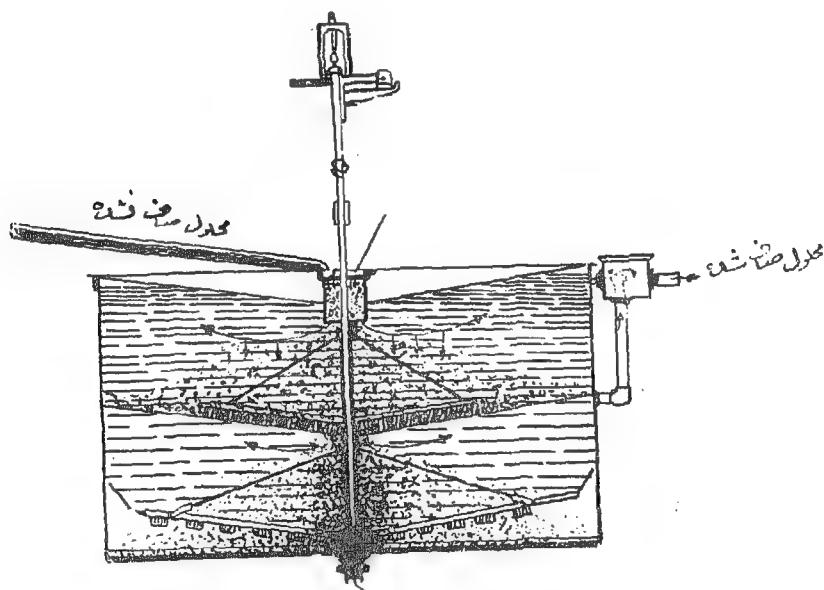
۴ - صاف نمودن محلول طلا دار از مواد غیر قابل حل در هر دو طریقه بالا
۵ - رسوب دادن طلا از محلول مضاعف سیانور طلا و پتاسیم یا سودیم و در آوردن آن بصورت رسوب سیاه

۶ - گداز رسوب مزبور با مواد گداز آور مناسب و تصفیه طلا و در آوردن آن بشکل شمش

اینک بشرح هر يك از مراحل نامبرده در بالا میپردازیم .

۱ - تهیه مواد اولیه - مقدار و درجه تهیه مواد اولیه طلا دار بمنظور استخراج این فلز گرانبها بستگی بنوع و جنس مواد معدنی؛ حالت تقسیم و پراکنده گی طلا در این مواد را دارد؛ زیرا در بعضی سنگهای معدنی، طلا بشکل ذرات درشت و فلز یافت

میشود و سنگ های اصلی دارای خلل و فرج زیادی بوده به قسمیکه مایع سیانور میتواند بهسولت بدرون آنها نفوذ کرده و ذرات طلا را درخود حل نماید. البته اینگونه سنگهای معدنی احتیاج بهخورد کردن زیاد ندارند؛ و اگر ذرات خورد شده بطور متوسط بقطر $0/50$ میلیمتر یا (30 مش) باشند، عمل استخراج بطور رضایت بخشی انجام خواهد گرفت؛ ولی در سنگهای معدنی دیگر، که طلا بشکل ذرات بسیار ریز و ذره بینی بوجود آمده و جنس سنگ اصلی طوری سخت و فشرده است که محلول سیانور نمیتواند بهسولت بدرون آن رخنه کند و طلا را حل نماید، عمل خورد و ریز کردن باید بیشتر ادامه داده شود تا اینکه قطر متوسط ذرات خورد شده به $0/15$ میلیمتر

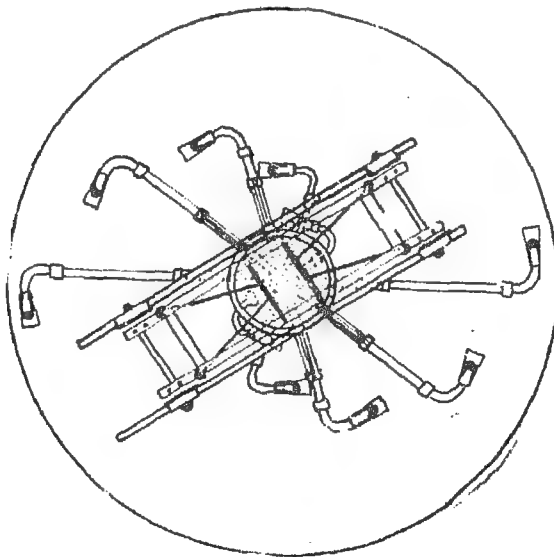


(شکل ۲۰۶) مخزن بر کولاسیون

یا (200 مش) برسد؛ در هر حال ابتدا مواد اولیه را در يك نوع ماشین سنگ شکن ریخته و بقطعات كوچك درآورده و بعداً در هاون و یا در آسیاهای میکائیکی از نوع میله ای یا گلوله و کره ای، نرم کرده تا اینکه قطر متوسط ذرات به يك دهم میلیمتر برسد. در این حال مواد خورد و ریز شده را از دستگاه تقسیم کننده classification عبور

داده و به درشت و ریز، یا شن و لجن، تقسیم مینمایند. سپس نوع درشت یعنی شن را بوسیله عمل بر کلاسیون و نوع ریز یعنی ماسه را بوسیله عمل اجیتاسیون در محلول رقیق سیانور بتاسیم حل نموده و طالای موجود را بصورت محلول مضاعف سیانور در میآورند.

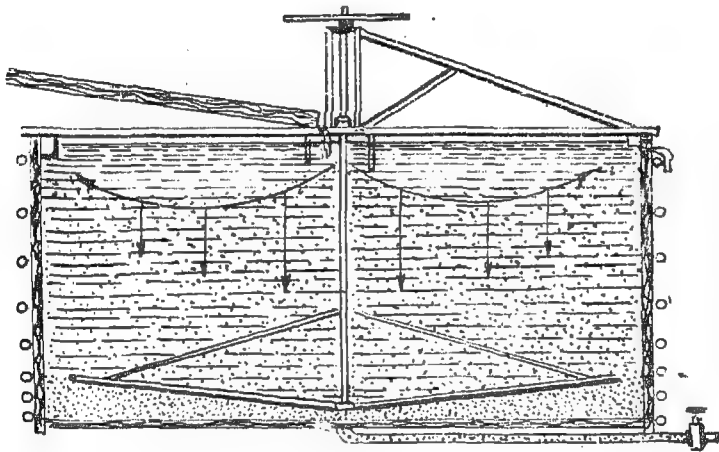
۲ - شستن طلا از شن بوسیله بر کلاسیون (Percolation) - ذرات درشت که از هاون یا آسیاهای میکانیکی بیرون میآیند به «شن» موسوم، و پس از جدا نمودن شن از لجن، آنرا بداخل مخازن یا حوض های بزرگی که از صفحات پولادی یا الوار تخته ساخته شده و در ته آنها یک نوع صافی کار گذارده شده انتقال میدهند. مخازن یا حوضهای بر کلاسیون را معمولاً از قطعات پولاد بهم پرچ شده و یا اینکه از تخته میسازند و البته هر یک دارای مزایای بخصوصی میباشد. کف حوض که عمل صافی را انجام میدهد از الوارهای کلفت بعرض و ضخامت $\frac{7}{5}$ سانتی متر تشکیل شده و روی آنها یک طبقه حصیر برگ خرما، بابرک نارگیل و یا پارچه کرباس محکمی میگسترانند. در وسط یا مرکز قاعده، زیر آب حوض را قرار داده تا از این مجرا محلول مضاعف سیانور طلا و



(شکل ۲۰۷) آلات توزیع و هم زدن شن و ماسه در مخزن

بتاسیم صاف شده، از حوض خارج شده و بحوض دیگری یا دستگاه دیگری منتقل شود. ابعاد مخازن یا حوضها بر حسب حجم کار و ظرفیت کارخانه بین ۵ - ۱۶/۵ متر

قطر؛ و ۱۵ - ۳ متر ارتفاع، تغییر می‌کند مواد اولیه طلا دار که در ماشینهای گردکن بشکل پولپ (Pulp) درآمده بامقداری استات سرب (۲۰۰ گرام در تن) و آهک خورد شده (۲ کیلو گرام در تن) و سیانور پتاسیم یا سودیم که اندازه آن در کلیه محلول از ۱/۰/۲۵ تجاوز نکند، مخلوط کرده و بداخل حوضهای پر کلاسیون که در اشکال (۲۰۶) و (۲۰۸) دیده میشوند میفرستند. در اینجا بوسیله آلت توزیع و هم زدن که بدان متصل است شکل (۲۰۷) مواد را خوب بهم زده تا اینکه سیانور پتاسیم بتواند تمام ذرات طلای موجود را در خود حل نماید، و آهک املاح اسیدی را خنثی سازد و مانع اتلاف سیانور گردد. يك یا دو روز بعد زیر آب مخزن را باز کرده و بتدریج محلول سیانور طلا دار را از حوض



(شکل ۲۰۸) مخزن غلیظ کننده مواد شسته شده نوع دور „Dorr“

خارج کرده و بحوض دیگری منتقل می‌سازند. و این حوض را مجدداً از محلول رقیق تر سیانور و آب پر کرده و بهم زده تا اینکه طلای باقی مانده بوسیله این محلول شسته شود و بدرون آن رود.

این عملیات بر حسب عیار طلا در مواد اولیه، بین ۱۲ - ۱۸ روز ادامه دارد. بعضی اوقات نظر بوجود کالوین، سیلیس و ترکیبات آلومینیم دار در داخل حوض، يك ماده چسبنده (زله مانندی) پیدامیشود که عمل صاف شدن را بطی می‌سازد و طبعاً مدت زیادتری لازم دارد.

پس از آنکه محلول صاف شده سیانور طلا دار بمقدار کافی جمع گردید، محلول

مادر^(۱) را از صند و قهائیکه درون آنها براده روی قرار دارد عبور داده، طلا و نقره موجود را بشکل رسوب سیاهی ته نشین ساخته و طبق دستورائیکه بعداً داده خواهد شد طلا و نقره را بصورت شمش درمی آورند.

شن و مواد خاکی را که در حوض باقی میمانند ابتداء غلیظ کرده رسوب داده و بعداً بوسیله پارویا بیلهای میکائیکه بصورت گل ولای خارج کرده و در کناری انباشته و حوض را دومرتبه از مواد تازه پر کرده و باز همین عمل را تکرار میکنند.

شستن طلا از شن و ذرات درشت بطریقیکه ذکر شد در بسیاری از کارخانجات و معادن متروک شده است، زیرا اصول اقتصاد و صرفه چنین تقاضا میکند که تمام مواد اولیه و سنگهای معدنی طلا دار را یکدفعه خورد و ریز کرده تا تماماً بصورت ماسه و لجن درآیند و آنگاه عناصر قیمتی را از لجن بطریقه اجیتاسیون بدست آورند. روش مزبور بطریقه تمام لجن یا با اصطلاح All-Sliming معروف میباشد.

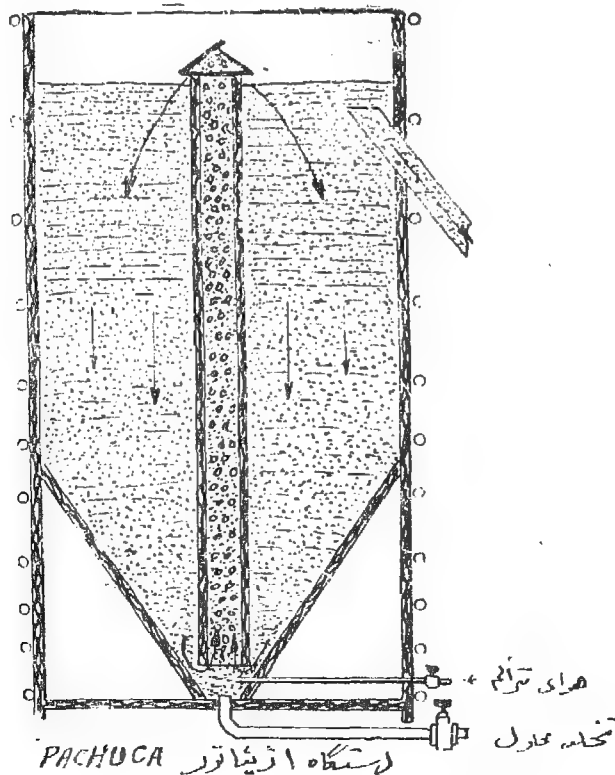
۳- شستن طلا از ماسه و مواد لجن دار بطریق اجیتاسیون

معمولاً واژه لجن بمواد خورد و نرم شده در آب اطلاق میشود که قطر متوسط ذرات آنها کمتر از یک دهم میلیمتر باشد، البته این مواد در آب بسهوات ته نشین نشده و کم و بیش بحالت کلوئیدال (Colloidal) درمی آیند.

اینگونه مواد را نمیتوان بطریق صاف کردن طبیعی و پر کلاسیون در محلول سیانور حل نمود، زیرا حل شدن ذرات طلا در سیانور باید بوسیله تکان دادن و بهم زدن و به هیجان درآوردن (Agitation) انجام گیرد، و بعداً مواد خاکی و غیره قابل حل را بوسیله فشار یا تولید خلاء و مکش از محلول سیانور طلا دار جدا نمود. برای اینکه ذرات طلا که در مواد لجن دار موجود اند زودتر در محلول سیانور حل شوند پولپ رادر مخازن عمودی استوانه‌ای که قاعده آنها مخروطی شکل بوده ریخته و از قسمت تحتانی بادمتر اکم بدرون پولپ دمیده بدینوسیله مواد را بحرکت و هیجان درمی آورند. بهترین مخازنی که در طریقه اجیتاسیون بکار میروند مخازنی موسوم به پاچوکا Pachuca بوده که از یک استوانه پولادی بقطر ۳ و ارتفاع ۱۲ متر ساخته شده‌اند. قسمت نزدیک قاعده را مخروطی شکل میکنند تا اینکه محتویات مخزن زودتر و آسان تر خالی گردد. در مرکز استوانه یک لوله کار گذارده شده که از درون آن هوای متراکم

دمیده میشود و پولپ را از داخل لوله از پائین بیالابرده و مواد مثل اینسکه از فواره ای خارج میگرددند، باطراف و درون مخزن ریزش کرده و تهویه میشوند.

عمل دمیدن هوا و اجیتاسیون مواد مدت ۱۲ - ۲۴ ساعت بر حسب ظرفیت مخزن و نوع مواد اولیه طلا دار ادامه دارد. بعد از خاتمه عملیات، پولپ را از قسمت تحتانی مخزن خارج کرده و برای جدا کردن محلول سیانور طلا از مواد غیر قابل حل و خاکی از صافیهای میکائیکی عبور داده و محلول زلال طلا دار را به مخزن دیگری جهت عملیات بعدی میفرستند. صافیهای میکائیکی که بدین منظور بکار میروند بسیار متنوع و معروف ترین انواع آنها عبارتند از صافیهای مدور گردان Kelly و Merrill و Oliver و غیره. البته انتخاب يك نوع صافی بستگی بشرایط محلی و جنس مواد اولیه و عوامل دیگر دارد و نمیتوان يك نوع صافی را برای هر کاری بکار برد.



(شکل ۲۰۹) دستگاه اژیتاتور «پاچوکا»

۴- رسوب دادن طلا از محلول سیانور طلا- محلول سیانور مضاعف طلا که از صافیهای میکائیکی خارج میگردد باید کاملاً صاف و زلال باشد و مواد معلقه و کثافات نداشته باشد والا هزینه عملیات بعدی را بالا برده و از ارزش طلائی که بدست میآید میکاهد. البته چون ممکن است در حین عملیات صاف کردن اتفاقی رخ دهد و مقداری مواد معلقه و صاف نشده وارد محلول سیانور طلا دار صاف شده بشود، از این جهت قبل از رسوب دادن طلا از محلول «مادری» محلول را به حوضچه هائیکه محتوی شن تمیز شده میباشند فرستاده و از بالای آنها عبور میدهند. این صافیها عیناً مانند صافیهای است که در تصفیه آب آشامیدنی شهرها بکار میرود و در اینجا همان عمل نیز انجام میگردد. رسوب دادن با براده روی- برای رسوب دادن طلا از محلول مضاعف سیانور فلز روی را بصورت براده و نوار بسیار باریک و نازک بکار میبرند و فعل و انفعالی که وقوع مییابد از این قرار است :



در محلول مادری باید در حدود ۰/۰۳٪ (KCN) یا (NaCN) آزاد موجود باشد و اگر سیانور آزاد کمتر از این مقدار باشد؛ باید اندازه آن تعدیل گردد. تجربه نشان داده است که استات سرب کمک مؤثری در رسوب دادن طلا از محلول مادری میکند و بدین لحاظ براده روی را قبل از استعمال در محلول استات سرب فرو میبرند که از این نمک آغشته شود. براده روی را در صندوقهای فازی لعاب دار که روی پایه کانپایی جای گرفته و بصورت ابشاری Cascade درآمده اند گذاشته و محلول مادری سیانور را از بالاترین صندوق بجریان انداخته تا محلول از صندوق بصندوق بعدی جاری شده و از صندوق تحتانی بوسیله تلمبه دوز تمبه بالا برده شده و باز از صندوق بالائی بطرف بائین سرازیر گردد.

جریان محلول مادری، در صندوقها مدت چهار الی شش روز ادامه دارد تا اینکه آزمایش نشان دهد که دیگر طلا رسوب نمیکند؛ در این صورت جریان را متوقف ساخته و در عوض، آب داخل صندوقها وارد کرده که مانع حل شدن مجدد طلا و برگشتن آن بترکیب سیانور مضاعف اصلی بشود. سپس براده های روی را از هر صندوق بوسیله دست بیرون آورده وای در حین بیرون آوردن خوب تکان داده تا ذرات و رسوبات

چسبیده جدا شده و بر سوبات اصلی ملحق گردند. رسوبات را از ته هر صندوقی بوسیله مجرائی که متصل بکف آن میباشد بیرون آورده و تمام را در يك ظرف لعاب دار دیگری جمع میکنند؛ بعداً صندوقها را با آب شسته و براده های روی را دومرتبه درون آنها تکان داده تا هر گونه ذرات چسبیده بکلی جدا شوند. این عمل دویا سه مرتبه تکرار میشود تا اینکه براده روی کاملاً پاک شود. حال آنها را منتقل بطرف فلزی لعاب داری که محتوی اسید سولفوریک میباشد انتقال داده، روی حل شده و بشکل سولفات روی ته نشین شده و عایقه ممکن است مقداری طلا در بر داشته باشد با رسوبات قبلی مخلوط نموده، صاف کرده و در کوره خشک کرده و بطریقی که ذکر خواهد شد گداخته و تصفیه مینمایند.

رسوب دادن طلا از محلول سیانور مضاعف طلا و پتاسیم یا سودیم ممکن است بطریقه مزیل (Merrill) انجام گیرد. در این طریق، بجای براده روی، گرد روی بکار میرود. روی فلز را در ماشینهای مخصوصی خورد و ریز کرده و بشکل گرد بسیار نرم و ریزی در آورده و پس از مخلوط کردن با مقداری محلول مادری طلا و در آوردن آن به صورت شیره، آنرا بدرون محلول اصلی با فشار تزریق میکنند و طلا را فوراً رسوب میدهند. مزیت این طریق در این است که: اولاً طلا زودتر و آسانتر رسوب شده ته نشین میگردد و افت طلا و مصرف روی بمراتب کمتر خواهد بود. در عوض روی چه بشکل براده و نوار باریک و چه بصورت گرد، عوامل احیاء کننده دیگری از قبیل آلومینیم و زغال چوب نیز بکار میروند ولی فلز روی از همه آنها معمول تر و متداول تر میباشد.

کایه رسوب دادن طلا از محلول مادری وقتی رضایت بخش و کامل است که شرایط نامبرده در زیر رعایت شوند:

(الف) محلول سیانور مضاعف طلا و پتاسیم نباید محتوی مواد معلقه و غیر قابل حل باشند.

(ب) در محلول سیانور مضاعف طلا و پتاسیم باید بقدر کافی سیانور آزاد موجود باشد.

(ج) مواد قلیائی آزاد بقدر کافی موجود باشد.



(شکل ۲۱۰) دستگاه تصافی میکا نیکسی از نوع اولیور (Oliver Filter)

- (د) املاح عناصری مانند مس و آهن وجود نداشته باشند .
 (ه) جریان محلول مادری در صندوقها یکنواخت و موزون باشد .
 (و) مقدار روی بمنظور رسوب دادن طلای موجود کافی باشد .
 (ز) براده یا نوار روی باید پاک و تمیز باشد و سطوح آن از املاحی مانند $Zn(OH)_2$ و $Zn(CN)_2$ پوشیده نباشد .

۶ - گداز رسوبات و بدست آوردن طلا بصورت شمش - چون رسوبات طلا ممکن است تا حدود ۰.۴٪ رطوبت و آب داشته باشند، از این جهت قبل از اقدام بعملیات گداز باید آنها را خشک کرد . این عمل ساده ممکن است در کوره الکتریکی و یا کوره موفل صورت گیرد . معمولاً رسوبات را در سینی و تشتتهائی بابعاد $10 \times 10 \times 5$ سانتی متر ریخته و در یکی از کوره هائیکه ذکر شد بتدریج گرما داده تا اینکه کلیه آب محتوی تبخیر شده و رسوبات خشک شوند . پس از خشک کردن ، طلا را بیکى از روشهائیکه ذکر خواهند شد استخراج مینمایند .

۱ - گداز مستقیم ۲ - گداز پس از تشویه و تکلیس ۳ - حل کردن رسوبات در اسیدهای کلوریدریک و سولفوریک و گداز مواد غیر قابل حل .
 انتخاب هر يك از روشهای نامبرده بستگی بعیار طلا در رسوبات و ناخالصیهای فلزی که همراه میباشند دارد .

۱ - گداز مستقیم - رسوبات خشک شده را با مقداری بورا کس و کربنات دوسود و نیترات دوسود و قدری سیلیس به نسبتهائیکه مطابق و برابر مقادیر درصد عناصر متشکله مواد رسوب شده است میباشند مخلوط کرده و در بوتله گرافیتی قرار داده و درجه گرما را متدرجاً بالا برده تا اینکه مخلوط گداخته شده و بحالت مایع درآید . پس از اینکه مخلوط مایع از جوش و خروش افتاد و ساکت گردید سرباره را بر طرف نموده و مایع فلز را در قالب ریخته و بشکن شمش یا باصطلاح (Bullion) در میآورند . این طرز استخراج مناسب رسوباتی است که در محتوی طلا و نقره بسیار غنی بوده و ناخالصیهای فلزی از قبیل سرب - مس و روی که در عمل گداز اختلال میکند موجود نباشند .

۲ - گداز غیر مستقیم - رسوبات طلا که محتوی ناخالصیهای فلزی و مخصوصاً

روی میباشند باید ابتداء با مقداری نیترات دوسود مخلوط کرد و در سینی و یا ظرفی با ابعاد $۱۰ \times ۱۰ \times ۵$ سانتی متر در کوره موفل گرما داد تا اندکی سرخ شوند. بدین طریق کلیه روی محتوی تیخیر و متصاعد گشته و از بین میرود. سپس مواد تشویه شده را با مقداری مواد گداز آور مانند بوراکس؛ کربنات دوسود؛ نیترات دوسود و سیلیس مخلوط نموده و مانند بالا در بوته گرافیتی گداخته و قسمت فلزی را بشکل شمش بدست میآورند.

۳- حل کردن رسوبات در اسید - چون اغلب رسوبات طلا که از طریق سیانوراسیون حاصل میگردند محتوی ناخالصیهای زیادی میباشند لذا این طریق بهیچ وجه در استخراج طلا استعمال نمیشود؛ زیرا بعضی از فلزات موجود مانند مس و نیکل و غیره را نمیتوان بوسیله گداز مستقیم و یا تشویه و گداز بر طرف نمود و خواهی نخواهی داخل شمش طلا شده و از ارزش و عیار آن میکاهند.

بدین لحاظ رسوبات را در همان حال تر و مرطوب بدرون يك خمره و با يك مخزن چوبی که درون آن از صفحات سربی پوشیده شده است انتقال داده و با اسید سولفوریک (H_2SO_4) مخلوط کرده تا اینکه فلزات سنگین و معمولی را در خود حل نماید. محلول را در خمره کاملاً بهم زده و در بعضی موارد قدری بخار آب به درون آن تزریق کرده تا فعل و انفعالات سریعتر صورت گیرند. پس از اینکه اثرات اسید متوقف گردید خمره را از آب پر کرده، بهم زده و مدتی آرام نگاه میدارند تا اینکه مواد غیر قابل حل رسوب نموده و ته نشین شوند. سپس مایع روغنی را بوسیله سیفونی (Syphon) بطرف دیگری منتقل نمود؛ و رسوبات را با آب چند دفعه شسته و از صافی عبور داده، خشک کرده و طبق دستورات (۲) در بالا گداخته و طلای محتویرا بشکل شمش در میآورند

۷- تصفیه شمش طلا - شمش طلائی که از طریق نامبرده در بالا حاصل میشود ناخالص بوده و در شرایط معمولی محتوی ۷۵۰-۹۸۵ در هزار طلا پیش ندارد و بقیه نقره؛ رری، مس، سرب و فلزات دیگر میباشند. البته برای اینکه درجه خلوص طلا بیشتر گردد و شمش از طلای خالص ترکیب شود باید آنرا یکی از طرق زیر تصفیه نمود.

۱- تصفیه طلا با اسید سولفوریک ۲- تصفیه طلا با اسید نیتریک

۳ - تصفیه طلا بوسیله الکترولیز ۴ - تصفیه طلا با گاز کلر . اینک شرح هر يك :

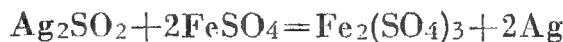
۱ - تصفیه طلا با اسید سولفوریک - جدا کردن طلا و نقره و بعضی فلزات دیگر بوسیله اسید سولفوریک معمولاً برای شمش‌هایی بکار میرود که محتوی ۱/۵ - ۲ قسمت نقره و يك قسمت طلا میباشند و اگر در مواردی محتوی نقره کمتر از این مقدار باشد باید مقداری نقره از خارج بدان اضافه نمود تا این نسبت برقرار گردد و سپس اقدام بتصفیه نمود . به علاوه مقدار مس محتوی نباید از ۱۰٪ تجاوز کند .

شمش طلای ناخالص را در بوته گذاخته و یا بشکل ورق‌های نازک درآورده و با فوراً در آب ریخته و بصورت دانه و حب ساخته و بعداً به يك ظرف چدنی که محتوی اسید سولفوریک بوزن مخصوص ۱/۸۲ میباشد انتقال میدهند. ظرف را با سرپوشی بسته و بخارات اسیدی را بوسیله مجرایی بدودکش روانه میسازند تا آسیمی بکارگران نرسد . فعل و انفعالاتیکه در ظرف صورت میگیرند عبارتند از :



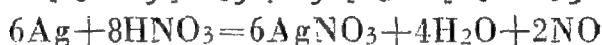
نقره و مس و فلزات دیگر که اسید نامبرده روی آنها تأثیر میکند حل شده بصورت سولفات درآمده و محلول را بوسیله سیفون با دقت و مواظبت زیاد به ظرف دیگری انتقال میدهند . رسوبات طلا را دو مرتبه با اسید سولفوریک گرم شسته و بعداً چندین مرتبه با آب گرم و سرد شسته تا اینکه اثرات اسید و املاح آن بکلی ازاله شوند

سپس رسوبات را خشک کرده و در بوته‌ای گذاخته و طلا را بشکل شمش خالص میریزند . برای بدست آوردن نقره، محلول سولفات آنرا با آب گرم مخلوط کرده و سولفات نقره را مبتلور نموده و پس از تبلور با محلول گرم سولفات آهن در امتزاج شیمیائی درآورده و نقره را رسوب داده و رسوب را گذاخته و بصورت شمش نیز در میآورند .



۲ - تصفیه طلا با اسید نیتریک - نظربه گرانی بها و کم یابی نسبی اسیدازوتیک این طریقه چندان معمول و متداول نگردیده است . محتوی نقره در شمش طلائی که در این طریقه تصفیه میشود باید ۲ برابر طلا باشد و نسبت ۲ : ۱ برقرار باشد تا اینکه بسهولت و آسانی در اسیدازوتیک حل گردد . پس از تعیین مقدار نقره و تعدیل آن، شمش را در

بوته‌ای گداخته و فلز مایع را در ظرف آبی ریخته و آنرا بشکل دانه و حب در میا و روند بعداً در این حالت به ظرف دیگری که محتوی اسید نیتریک بوزن مخصوص ۱/۲ می‌باشد انتقال داده و بوسیله بخار آب گرم داده و مدت چند ساعتی در این وضعیت نگاه می‌دارند تا اینکه عناصر فلزی که در اسید حل می‌شوند بصورت نیترات در آیند .



سپس مایع را سیفون کرده و بطرف دیگر برده و رسوبات طلا را چند مرتبه با آب گرم شسته تا اینکه اثرات اسید و املاح آن بکلی بر طرف شوند. پس از صاف کردن و خشک نمودن، آنوقت رسوبات را با مواد گداز آ و مناسبی مخلوط کرده در بوته‌ای گداخته و طلای خالص را بشکل شمش میریزند و بعداً عیار قطعی آنرا در آزمایشگاه تعیین می‌نمایند برای بدست آوردن نقره، به محلول نیترات نقره مقداری ناهك طعام NaCl اضافه نموده، خوب بهم زده و قدری حرارت داده تا اینکه نقره مبدل به کلرور نقره طبق رابطه زیر گردد .



بعداً کلورور نقره را از روی براده و نوار باریک روی (Zn) عبور داده تا در نتیجه نقره رسوب کند و ته تشین شود . سپس چند مرتبه با آب شسته، خشک کرد،

$$2\text{AgCl} + \text{Zn} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{Ag}$$
و با مقداری مواد گداز آ و مناسب مخلوط کرده و در بوته گداخته و بشکل شمش در قالبهای مخصوصی میریزند .

۳ - تصفیه الکتریکی - تصفیه الکتریکی یا الکترولیز شمش های طلا بیشتر در ضرابخانه ها و بانك های بزرگ ممالك مختلف معمول و در دو روش نسبت به عیار شمش طلا صورت میگیرد . اگر شمش طلا بعیار ۹۰۰ در هزار باشد آنرا گداخته و بشکل انود Anode با ابعاد $۲۲/۵ \times ۹ \times ۱/۲۵$ سانتی متر در آورده و در حوضچه هائیکه از چینی یا پورسلانی ساخته شده و محتوی محلول تری کلرور طلا (AuCl_3) هستند بین کاتود Cathode که از صفحات نازك طلای صدفی خالص تهیه شده آویزان میکنند محلول الکترولیت تری کلرور طلا باید ۰/۷ طلای آزاد و ۱۰ - ۱۲/۱ HCl آزاد داشته باشد . شدت جریان الکتریسته زیاد و در حدود ۹۰ امپر برای هر فوت مربع سطح

کاتود میباشد. طلا بر حسب اصول وقوانین الکترولیز یونیزه شده وروی کاتودمینشند و بر حجم آن میافزاید و بالاخره طلای صد در صد خالص نتیجه میگردد.

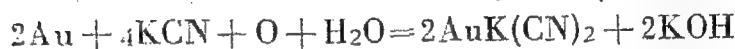
اگر عیار طلا در شمش در حدود ۴۰۰ در هزار باشد و بیشتر آن نقره باشد باید ابتداء شمش ناخالص را ذوب نمود و بصورت انود با عادی که ذکر شد در آورد و در حوضچه های پورسلانی در محلول الکترولیت نیترات نقره در بین کاتودهای نقره صد در صد خالص آویزان نمود. محلول الکترولیت، نیترات نقره AgNO_3 است که محتوی ۳٪ نقره آزاد و ۱/۵ - ۲/۵٪ اسید نیتریک آزاد میباشد. شدت جریان بسیار خفیف و در حدود ۰/۸ امپر برای هر فوت مربع سطح کاتود میباشد. در این تصفیه نقره از شمش یونیزه شده، روی سطح کاتود رسوب کرده و بحجم آن میافزاید ولی طلا که در محلول الکترولیت غیر قابل حل است بشکل لجن و گل در ته حوضچه ها ته نشین میشود.

پس از خاتمه عمل الکترولیز رسوبات را بیرون آورده، شسته، خشک کرده و با مواد گداز آور مناسبی مخلوط نموده و گداخته و بعداً بصورت شمش میریزند.

۴- تصفیه طلا با گاز کلر - اصول شیمیائی - هر گاه گاز کلر را بدرون طلای ناخالص که بحالت گداخته و مذاب است بدمند، نقره موجود با گاز کلر تولید کلرور نقره زود گدازی نموده، بالا آمده وروی سطح طلای مایع شناور میگردد. ناخالصیهای فلزی دیگر از قبیل سرب، مس، آنتی موان وروی مبدل به کلرورهای فرار گشته و متصاعد میگرددند. شرح عمل - شمش ناخالص را در یک بوته گلی که داخل یک بوته بزرگتر گرافیتی قرار گرفته گرما داده تا اینکه ذوب گردد؛ سپس بوته گلی را از سرپوشی که محتوی دو سوراخ میباشد پوشانیده و از درون سوراخها دو لوله که متصل به منبع گاز کلر است گاز کلر مزبور را بدرون بوته وارد میکنند. گاز مزبور با نقره و فلزات دیگر تولید کلرور نموده و طلا را از این گونه ناخالصیها آزاد میسازد. چندی بعد جریان گاز را متوقف ساخته، بوته گلی را بیرون آورده و طلا فوراً منجمد میگردد و کلرور نقره که هنوز بحالت مایع است بطرف دیگری انتقال میدهند.

طلا را ممکن است مجدداً گداخته و بشکل شمش بریزند و همچنین ممکن است و نقره را از کلرور نقره بوسیله احیاء نمودن با مس در آبی که محتوی اسید سولفوریک و در

حال قلبان است رسوب داده و بعداً خشک کرده، گداخته و بصورت شمش در آورند. فعل و انفعالات شیمیائی طریقه سیانوراسیون- کنش و واکنشهای شیمیائی که بین ذرات طلای آزاد در سنگهای معدنی خورده و ریز شده و محلول رقیق ۰/۱ - ۰/۵٪ سیانور پتاسیم و یاسودیم در مجاورت اکسیژن هوا صورت میگیرند بر حسب فورمول السنر (Elsner) عبارت اند از:



بطوریکه ملاحظه میگردد وجود اکسیژن برای تولید و ادامه فعل و انفعال لازم و ضروری میباشد، و از این جهت ذرات بسیار ریز را که بصورت لجن درآمده اند باید بوسیله دمیدن هوای متراکم بهیجان در آورد تا اینکه اکسیژن تماس نزدیکی با کلیه ذرات طلا بگیرد، و آنها را در محلول سیانور حل نماید و ترکیب سیانور مضاعف درآورد. سیانوریکه حقیقتاً بمصرف حل کردن طلا و درآوردن آن بصورت محلول میرسد نسبت بمصرف کلی سیانور بسیار ناچیز و غیر قابل ملاحظه است. از رابطه بالا مشاهده میشود که هر واحد وزن طلا ۰/۶۶ واحد سیانور لازم دارد ولی در عمل مصرف سیانور بین ۲۰ - ۴۰ مرتبه بیش از مقدار نظری است. بطور متوسط، هر یک تن سنگ معدنی طلا در حدود ۰/۵ کیلوگرام ملح سیانور مصرف میکند.

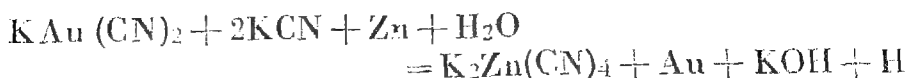
نباید فراموش کرد که مقدار معتنا بیهی از سیانور بعلل زیر تلف شده و از حیز انتفاع ساقط میگردد.

الف) مقداری از املاح سیانور با مواد غیر قابل حل رسوب میکنند.

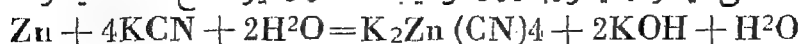
ب) مقداری از آن داخل عملیات نشده و مفقود میگردد.

ج) مقداری از آن با فلزات دیگر منجمه آهن ترکیبات سیانور داده که طلا را در خود حل نمیکند.

در حین رسوب دادن طلا بوسیله فلز روی از محلول سیانور مضاعف مقدار قابل ملاحظه از سیانور تلف میگردد، یعنی بصورت سیانور مضاعف روی و پتاسیم طبق این رابطه درمیآید.

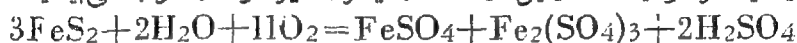


قسمتی دیگر از سیانور با روی ترکیب شده و از حیز انتفاع ساقط میگردد .



سولفور آهن (FeS_2) که بطور حتم در بسیاری از مواد اولیه طلا موجود است

اگر در مجاورت هوا و با محلول های اکسید کننده در آید به سهولت مبدل به سولفات آهن و اسید سولفوریک شده و این دو ماده در سیانور تأثیر کرده و آنرا بکلی بیفایده میسازند



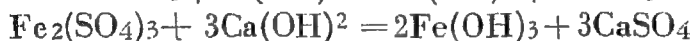
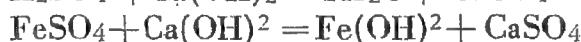
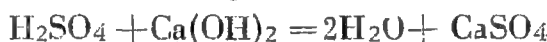
از تولید اسید و املاح اسیدی در پولپ که بصورت شن و یا بحالت لجن میباشد باید بوسیله اضافه

نمودن مواد قلیائی از قبیل سود محرق و یا اکسید آهک جلوگیری شود و همیشه باید یک

مقدار مواد قلیائی محافظ وجود داشته باشد تا مانع مصرف زیاد از حد سیانور گردد .

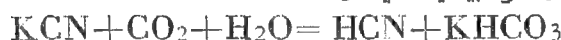
چون سود محرق نسبتاً گران است لذا همیشه آهک اضافه میکنند و عمل آن در خنثی

نمودن اثرات اسید سولفوریک و سولفات آهن از فورمولهای زیر دیده میشود :



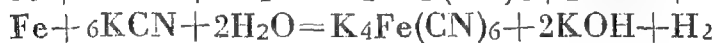
مقدار آهک اضافی باید بیش از حد معمول باشد و الا گاز کربنیک متصاعده سیانور

را تجزیه کرده و باز آنرا بیفایده میسازد



کلیه عناصر فلزی معمولی که در املاح سیانور قابل حل میباشد تولید املاح سیانور

مضاعف نموده و بمصرف طبیعی سیانور میافزایند .



طریقه برو موسیانور (Bromocyanide Process) - در مبحث مواد

اولیه و سنگهای معدنی طلا اشاره شد که طلا بحالت ترکیب در بعضی از سنگهای تلوریم دار

موجود است . استخراج طلا از این مواد اولیه فقط بوسیله حل کردن آنها در برومو

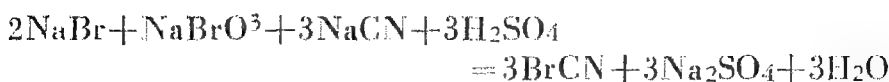
سیانور مس میباشد؛ زیرا عنصر تلوریم خود یکی از قاتلین سیانور پتاسیم و یا سودیم

بشمار میرود . این طریقه نیز برای مواد معدنی طلا داری بکار میرود که طلای آنها را

باید به سرعت هر چه تمام تر در محلول سیانور حل نمود تا اینکه از مصرف فوق العاده

سیانور جلوگیری شود .

ملح بروموسیانور از املاح برومویابرومات طبق فورمولهای زیر بوسیله امتزاج سیانور و اسید سولفوریک تهیه میشود :



با مخلوط کردن بروموسیانور با مواد طلا دار، طلا طبق این فورمول حل شده و تولید سیانور مضاعف مینماید .



چون استعمال این طریقه هم از حیث بهای گران و هم از حیث عملیات حساس و دشوار است، اندام منحصراً در نقاط بخصوصی بکار میرود . مهمترین این نقاط عبارتند از کولورادو؛ کالیفرنیا؛ استرالیا و غربی؛ زیرا در این نقاط طلا در سنگهای تلوریم یافت و استخراج میشود . مصرف مواد قلیائی که در این طریقه بکار میروند بیش از مقدار درست که در طریقه سیانور اصلی بکار میروند .

۳- استخراج طلا بطریقه کلوریناسیون (Chlorination) - تا قبل از اکتشاف طریقه استخراج طلا بوسیله سیانوراسیون، طریقه کلوریناسیون که معروف به روش پلاتنر (Plattner) است و در سال ۱۸۵۱ میلادی بوسیله وی وضع و پیشنهاد گردیده بود در استخراج قسمت معظم طلا بکار میرفت .

ابتداء مواد اولیه طلا را خورد کرده و درخمره ای که محتوی آبی است که از گاز کلور اشباع شده قرار داده و طلا را بشکل کلور در آورده و سپس آنرا بوسیله اضافه نمودن عوامل احیاء کننده مانند سولفات آهن و بازغال چوب آزاد ساخته و رسوبات طلا دار را بطریقی که قبلاً ذکر شد گداخته و بصورت فلز در میآوردند .

نظر باینکه تولید گاز کلور و نقل و انتقال آن کار مشکل و دشوار و خطرناکی بوده، لذا خمره را مبدل به بشکه نمودند که درون آن از صفحات سرب پوشیده شده بود و بطرفیت یک تن سنگ معدنی می بود . پس از قرار دادن مواد اولیه طلا دار خرد شده در بشکه مقداری آب و گرد (GaOCl₂) کلوروردشو و اسید سولفوریک اضافه نموده آنرا بصورت بشکه بصورت هواپ در آید . سپس درب بشکه را محکم بسته و آنرا ساعت ۳۰ در در دقیقه مدت ۶ ساعت بچرخش در میآوردند . اگر بشکه مجهز

بدستگاه صافی بوده آنرا متوقف ساخته و مایع کلرور صاف شده را بیرون آورده و در ظرفی دیگر جمع نموده و اگر نه محتویات بشکه را در مخزن نیکه کف آن از چند لایه شن و ماسه بمنظور صافی تشکیل یافته بود انتقال داده و آنوقت کلرور صاف شده را بیرون می‌آورند.

طلا را از محلول کلرور یا بوسیله هیدروژن سولفور H_2S و یا بوسیله سولفات آهن و یا بوسیله زغال چوب رسوب داده و مواد ته نشین شده را پس از شستن و پاک کردن، با مواد گدازآور مناسب در بوته گداخته بصورت شمش درمی‌آورند.

طریقه کلور نیاسیون فعلا بکلی متروک شده و فقط از نقطه نظر تاریخ دانش گداز و استخراج فلزات اهمیت دارد. بطوریکه قبلا اشاره شد امروزه کلیه طلای دنیا از طریق سیانوراسیون و طلای محصول درجه دوم بوسیله الکترولیز بدست می‌آید.

موارد استعمال طلا - طلا در درجه اول اهمیت بشکل پول و سکه و در درجه دوم بصورت جواهرات و زینت آلات استعمال میگردد. طلائیکه بشکل سکه و پول رایج در دست مردم دنیا میباشد و در مواقعی داد و ستد میشود نسبت بآن چه بصورت شمش و یا سکه زده شده که در بانکها و خزانه داریهای مختلف دنیا بعنوان پشتوانه اسکناس و یا وثیقه ذخیره شده است خیلی کم و ناچیز میباشد.

اصولا طلا را هیچگاه بحالت خالص صد درصد بکار نمی‌برند و همبسته آن بانقره و مس در عیارهای مختلف در ساختن جواهرات زیاد معمول و متداول است. عیار طلائیکه بشکل شمش و یا سکه درآمده باشد معمولا چند بر هزار مثلا ۹۸۰ در هزار تعیین میکنند ولی عیار طلای جواهرات و کلیه اشیائیکه بدین منظور از طلا ساخته میشوند به قیراط carat میسنجند. طلای خالص هزار در هزار را برابر ۲۴ قیراط میدانند و بنا بر این باین نسبت ۱۸ قیراط برابر ۷۵۰ در هزار و ۱۲ قیراط برابر ۵۰۰ در هزار یا ۵۰ درصد میباشد. طلائیکه در ساختن جواهرات استعمال میشود بحالت همبسته با نقره تنها یا مس تنها و یا مس و نقره بوده و بعیار ۹-۱۲-۱۴-۱۶-۱۸-۲۰-۲۲ قیراط میباشد.

هر قدر مقدار قیراط آن نزدیک به عدد ۲۴ باشد، آن طلا خالص تر و ارزش بیشتری خواهد داشت. یکی دیگر از موارد استعمال طلا بشکل ورقه های بسیار نازک که

بعنوان روکش فلزات نقره و یا مس است میباشد.

ناگفته نماند که مقداری از این فلز گرانبها در دندانسازی و مطالانمودن اشیاء تجملی مورد استفاده قرار میگیرد. اگرچه طلا با بسیاری از فلزات مهم صنعتی تشکیل همبسته میدهد ولی اهمیت آن از نقطه نظر اقتصادی و مالی و تجملی بوده و چندان استعمال صنعتی ندارد و شاید آنچه که در صنایع بکار میرود از ۱/۸ محصول سالیانه تجاوز ننماید.

بطوریکه در آغاز این فصل اشاره شد طلا در بسیاری از خواص فیزیکی شیمیایی و مکانیکی در بین بسیاری از فلزات درجه یکم را حائز است و اگر گرانی بها و کم یابی آن نبود، شاید بیش از این مقدار در صنایع مختلفه مورد استفاده قرار میگرفت و از خواص مهم آن بهره مند میشدند. طلا با بسیاری از عناصر فلزی معمولی از قبیل آلومینیم انتی موان - یز موت - ارسنیک - کادمیم - کرومیم - کبالت - مس - نیکل - آهن - قلع - سرب - مانگانهز - مانیزیم - جیوه - پلادیم - پلاتینم - نقره تولید محلول های جامد نموده و تشکیل همبسته میدهد ولی اغلب آنها از حیث بررسی خواص و رفتار طلا از نقطه نظر شیمیایی مهم میباشد. همبسته هایی که چه در سکه و چه در جواهرات مورد استفاده واقع میشوند همبسته های طلا با نقره و مس و گاهی اوقات با جیوه میباشد.

فصل بیست و پنجم

نقره و طلای سفید

خواص فیزیکی - نقره هم یکی از فلزات قدیمه بوده و وجود بعضی از خواص آن از زمان ماقبل تاریخ بر بشر معلوم و آشکار بوده و همواره مورد استفاده واقع میگردد. نقره، سفیدترین فلزی است که رنگ سفید یا مایل بسفیدی بسیاری از فلزات را نسبت بآن میسینجد ولی از طلا سخت تر و از مس نرم تر میباشد. وزن مخصوص آن ۱۰/۵، و خواص چکش خواری؛ تورق و مفتول شدن آن بعد از طلا درجات دوم راحائز میباشد. درجه گداز نقره ۹۶۰ و درجه قلیان آن ۱۹۵۰ سانتی گراد تعیین گردیده است. در خواص هدایت گرما و الکتریسته درجه اول را بین فلزات حائز بوده و مقدار این خواص را در فلزات دیگر نسبت به نقره مقایسه میکنند. موقعی که درجه گرمای نقره قدری بالاتر از درجه گداز آن میرسد خاصیت فراری بخود میگیرد یا مخصوصاً اگر محتوی ناخالصیهائی از قبیل سرب، روی، آرسنیک و انتی موان باشد؛ در این صورت نقره زودتر متصاعد شده و تبخیر میگردد.

نیروی کشش نقره در حدود ۲۵۴۰ کیلو گرام در هر سانتی متر مربع است.

نقره در حالت مایع میتواند ۲۲ برابر حجم خود اکسیژن در خود حل کند ولی در حین انجماد این اکسیژن را بطور غریبی از درون خود اخراج میکند و این کیفیت را در اصطلاح «استفراغ نقره» نامیده اند.

خواص شیمیائی - علامت شیمیائی نقره Ag و بوزن اتمی ۱۰۷/۸۰ میباشد. بهترین محلول آن اسید نیتریک ولی در اسید سولفوریک غلیظ که در حال قلیان است بتدریج حل میگردد و همان اسید در حالت رقیق چندان تأثیری در نقره ندارد. اثرات اسید کلریدریک و اسیدهای دیگر بسیار تدریجی و بطیء میباشد.

نقره بصورت ذرات بسیار ریز متدرجاً در محلول سیانور پتاسیم و سدیم حل میگردد و مانند طلا تولید املاح مضاعف میکند. در استخراج نقره، از این اصل شیمیائی استفاده شده و از این لحاظ طریقه سیانور اسیون از مهمترین طرق استخراج نقره از مواد اولیه بشمار میرود.

در گرمای معمولی، هوای خشک یا مرطوب تأثیری در نقره ندارد و اگر دیده میشود که سطوح اشیاء نقره‌ای پس از چندی سیاه میگردند، برای این است که سطوح آنها از یک غشاء باریک سولفور نقره Ag_2S پوشیده میشوند.

نقره در محلول هیپوسولفیت دوسود حل شده ترکیب ملایم مضاعف هیپوسولفیت سدیم و نقره را میدهد. نقره فلزی بسهولت با جیوه تولید ملقمه داده و در این حالت برای سفید کردن و درآینه سازی استعمال میشود.

ترکیبات نقره - یکی از ترکیبات مهم نقره سولفوران (Ag_2S) میباشد که برنگک خاکستری آبی درمیآید.

نقره میل ترکیبی زیاد و شدیدی با گوگرد دارد و بسهولت بشکل سولفور و سولفات درمیآید؛ این ترکیبات در مواد قلیائی و کربناتی غیر قابل حل بوده و اسی اسید نیتریک و املاح سیانور قلیائی حل میشوند.

از طرفی دیگر نقره در سولفورهای مس، آهن و سرب حل شده و از این اصل شیمیائی در استخراج نقره از بعضی از مواد اولیه استفاده میگردد. جیوه، سولفور نقره را تجزیه کرد و با نقره آزاد شده تولید ملقمه مینماید. مانند مس، سولفات نقره داخل فعل و انفعالات شیمیائی با سولفور نقره شده و نقره را آزاد میسازد.



کلرور نقره از نقطه نظر عملیات گداز فلزات اهمیت دارد، زیرا در بسیاری از روشهای مختلف استخراج تشکیل شده و در قشر زمین نیز بحالت طبیعی یافت میشود و در اصطلاح کانی شناسی به سرارزیریت (Cerargyrite) معروف است. ترکیب مزبور در محلول گرم هیپوسولفیت دوسود ($Na_2S_2O_3$) و کلرور هائیزیم و کالسییم و سیانورهای

قلیائی و اسید کلریدریک حل شده و فلزات روی و آهن نیز ملاح نامبرده را تجزیه نموده و نقره را آزاد میسازند.



ترکیب سوم سولفات نقره میباشد و در حین عملیات جدا کردن نقره از شمش طلا و تصفیه آن تولید میشود.

سولفات نقره در اسیدهای معدنی قوی و غلیظ حل شده ولی بهترین محل آن اسید سولفوریک میباشد. نقره را میتوان بوسیله فلزاتی از قبیل مس - آهن - روی - قلع - سرب رسوب داد و ته نشین نمود و از محلولات آنها جدا ساخت.

سنگهای معدنی نقره

در قشر زمین نقره در دو حالت، آزاد طبیعی و ترکیب یافت و استخراج میگردد. نوع آزاد طبیعی نسبتاً کم یاب ولی وقتی که پیدامیشود بصورت ورقهای، نازک و باریک و یا بشکل توده مجتمع، درآمده و گاهی اوقات قطعاتی پیدامیشوند که در محتوی نقره بسیار غنی بوده و نمونه که ۷۰۰ کیلو گرام نقره خالص طبیعی در برداشته پیدا شده است. مهمترین سنگ معدنی نقره سولفوران موسوم به آرژانتیت (Argentite) بفورمول Ag_2S و بعداً کلرور آن موسوم به سرارژیریت (Cerargyrite) بفورمول AgCl میباشد.

در درجه دوم اهمیت آنتی منور آن موسوم به پیرارژیریت (Pyrargyrite) بفورمول $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ و استفانیت (Stephanite) بفورمول $5\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ و ارسنوران موسوم به پراوستیت (Proustite) بفورمول $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ میباشد. نقره در بسیاری از سنگهای طلا دارد و مواد اولیه آن یافت میشود و این دو فلز گرانها را با هم استخراج کرده و بعداً از یکدیگر مجزا میسازند.

نقره بشکل محصول فرعی و درجه دوم از سنگهای سولفور سرب و روی و مس استخراج میگردد و هر ساله مقدار معتنا بیهی نقره از این راه بدست میاید. معادن مهم نقره دنیا در کشورهای ایالات متحده امریکا - مکزیک - کانادا - امریکای مرکزی و جنوبی و در درجه دوم در آلمان - اسپانیا - هندوستان - استرالیا واقع اند. در ایران آثار و علائمی که دلالت بر وجود نقره کند تا بحال بدست نیامده است.

اصول استخراج

نقره را میتوان از سنگهای معدنی و مواد دیگر اولیه بطریق گداختن و یا بطریق شیمیائی در محلول استخراج نمود و مهمترین طرق آن عبارتند از :

۱ - گداز مستقیم - بسیاری از مواد اولیه نقره دار را با مواد اولیه مس و سرب مخلوط کرده و با هم در کوره بلند و اترژاکت و یا در کوره شعله میگردانند و نقره را درمات حاصله حل میکنند. بعداً در حین عملیات تصفیه الکتریکی، الکترولیز و یا در طریق کوبلاسیون نقره را از فلزات دیگر جدا نموده و بدست میآورند.

۲ - طریق ملقمه - (الف) طریق مکزیکی (ب) طریق چیلیک یا بشکه.

۲ - (الف) طریق مکزیکی - یکی از قدیم ترین راه استخراج نقره از مواد اولیه که در کشورهای مکزیک و شیلی و امریکای مرکزی متداول بوده طریق ایست که امروز بیشتر با اسم طریق مکزیکی معروف گشته است و گاهی اوقات آنرا طریق (Patio process) نیز مینامند. مراحل چهارگانه طریق مزبور عبارتند از :

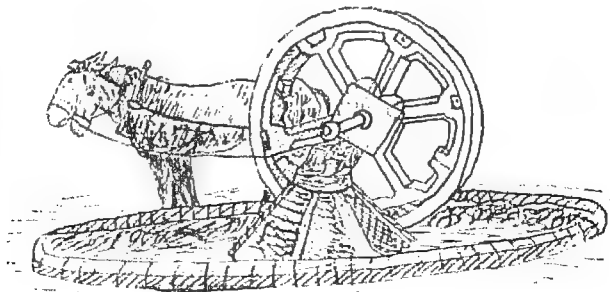
۱ - شکاندن سنگهای نقره دار در یک آسیای سنگی.

۲ - خورد و وریز کردن مواد اولیه در یک آسیای سنگی دیگر موسوم به آراسترا (Arrastra).

۳ - ملقمه نمودن با جیوه.

۴ - تجزیه ملقمه و جدا کردن نقره از جیوه.

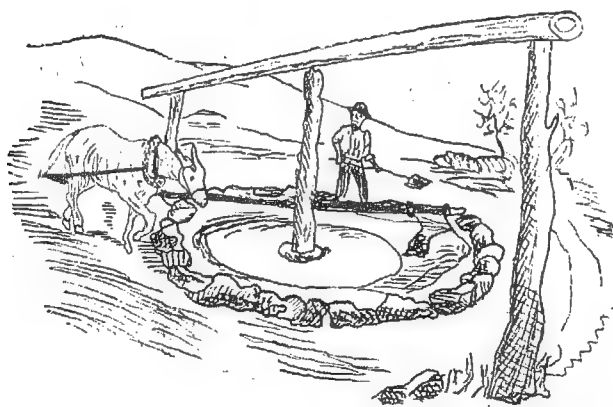
شرح عملیات - ابتدا سنگهای نقره دار را سنگ جوری و دست چین کرده و در



(شکل ۲۶۱) خورد کردن مواد اولیه نقره بطریق مکزیکی

آسیای سنگی شکانده و بقطعات کوچک در آورده و بعد در آسیای دیگری کاملاً نرم

کرده و در این حالت با آب مخلوط نموده که بصورت گل ولای در آیند. گل حاصله یا باصطلاح پولپ (Pulp) را در حیات یا زمین همواری که سطح آن از آجرهای قزاقی و یا سنگ مرمر و یا تخته پوشیده شده که کاملاً صاف و هموار باشد، گسترانیده و در حدود ۰.۶٪ وزن مواد اولیه نقره دار نمک طعام بمخلوط اضافه میکنند و سپس چند عدد قاطر یا اسب روی آن مدت سه الی چهار روز مرتباً میدوانند تا اینکه خوب لگد مال گردد سپس در حدود $\frac{1}{4}$ - ۰.۲٪ وزن مواد اولیه ماده‌ای موسوم به ماژیسترال (Magistral) که ترکیبی از سولفات مس و آهن میباشد به توده اضافه نموده و دو مرتبه آنرا بوسیله قاطرها در روز دیگر لگد مال میکنند. پس از انقضاء این مدت، مقداری جیوه اضافه نموده و خوب بهم‌زده تا اینکه جیوه ذرات نقره را در خود گرفته و تولید ملقمه بنماید. در این موقع کلیه مواد را بمخزنیکه محتوی آب میباشد انتقال داده و با آب شسته و ملقمه را از بقیه مواد جدا میسازند. پس از صاف نمودن و خشک کردن، رسوب را در بوته‌ای گرماده، جیوه متصاعد شده و در ظرف دیگری تقطیر میشود و بدینقسم نقره آزاد میگردد.



(شکل ۲۱۲) لگد کردن مواد نقره دار بوسیله اسب یا قاطر

۲ - (ب) طریقه چیللیک یا بشکه - این طریقه برای سنگهای نقره داریکه در محتوی نقره نسبتاً غنی میباشد وضع گردیده و بدین شکل عمل میشود . مقدار یک تن مواد اولیه را بقطعات کوچک در آورده و با ۱۰۰ الی ۱۵۰ کیلو

گرام آهن باره واسقاط در چیلایک چوبی بطول و قطر ۱/۵ متر ریخته و در آب آنرا محکم بسته و بوسیله یاک چرخ بشکته ها را چند ساعتی خوب میچرخانند تا اینکه محتویات آنها کاملاً مخلوط گردد. سپس دو برابر محتوی نقره مفروض جیوه داخل کرده و باز مدت چند ساعتی میچرخانند تا جیوه با نقره تشکیل مایعیه بدهد. آنگاه درب چیلایک ها را باز کرده، مقداری آب اضافه نموده و باز برای چند ساعتی میچرخانند تا اینکه آب مایعیه را در خود بگیرد و از بقیه مواد خاکی و غیره قابل حل جدا نماید. بعداً محتویات چیلایک ها را خالی کرده، مایعیه را درون پارچه پتویا جبری قرار داده، خوب فشار داده تا جیوه اضافی بر طرف گردد سپس رسوبات را در بوتله گرما داده، جیوه باقیمانده متصاعد شده و در ظرف دیگری تقطیر میشود و نقره آزاد میگردد.

امروزه هر دو روش نامبرده در بالا متروک گشته و در عوض طریقه سیانوراسیون جانشین آنها گردیده.

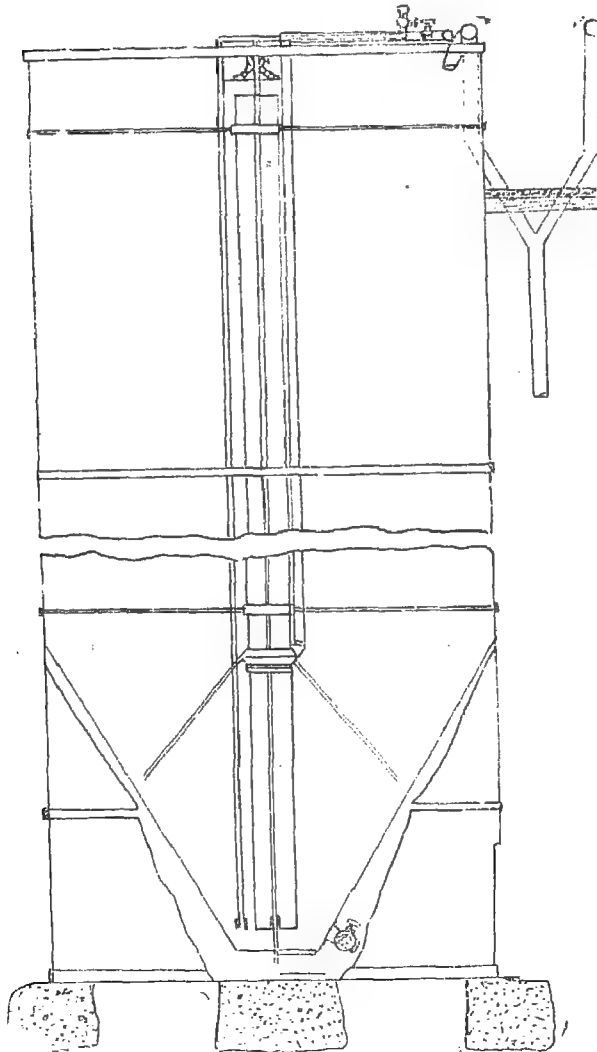
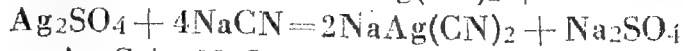
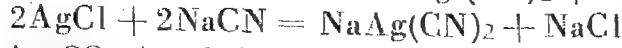
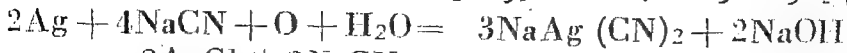
۳- طرق ترشیمیائی که عبارتند از:

الف) طریقه سیانوراسیون ب) طریقه فون باترا ج) طریقه زیر فوگل

الف) - طریقه سیانوراسیون - پس از آنکه استعمال این طریقه در استخراج طلا قرین موفقیت گردید و نتایج حاصله کاملاً رضایت بخش بود. پس از مدتی استعمال آن در استخراج نقره نیز عملی گردید و در فاصله کمی در بسیاری از کارخانجات استخراج نقره شایع و معمول گردید.

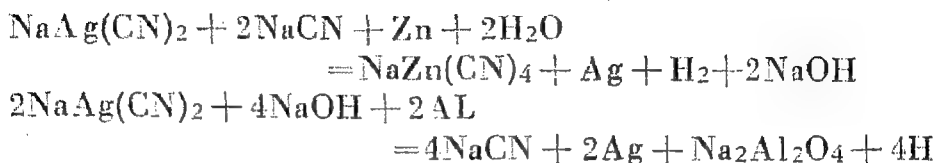
نقره هم مانند طلا اگر بشکل ذرات بسیار ریز و پراکنده در آید در محلول املاح سیانور قلیائی چه سدیم و چه پتاسیم حل میگردد و بصورت مایع ضعیف در میآید وای اگر ذرات نقره درشت باشد آنوقت در املاح سیانور چندان قابل حل نمیشوند بعضی از مواد اولیه نقره که محتوی انتی موان هستند، مانند استنفایت و پیرارثریت با تانی و کندی در املاح سیانور حل میشوند و البته نیاز بمقدار بیشتری سیانور دارند. اگرچه اغلب اصول و وسایل استخراج نقره بطریقه سیانوراسیون عیناً مانند آنچه در باره استخراج طلا گفته شد میباشد؛ معذک اختلاف مهمی موجود است که بعداً متذکر خواهیم شد.

فعل و انفعالات شیهه یائی - موقعیکه ذرات نقره وارد محلول سیانور پتاسیم یا سودیم میشو ند، نقره در مجاورت اکسیژن هوا حل شده و فعل و انفعالات زیر صورت می گیرند:



(شکل ۲۱۳) دستگاه اژیتاتور، نوع Trent که در استخراج نقره بطریقه سیانوراسیون بکار میرود

نقره‌هایی که بدین‌قسم حل می‌گردند و بصورت محلول سیانور مضاعف نقره و سدیم درمی‌آیند می‌توان بوسیله براده‌روی یا گرد آلودی نیم طبق کنش و واکنش‌های زیر بشکل آزاد رسوب داد و ته نشین نمود.



معمولاً یک قسمت از فلز روی می‌تواند ۱/۷ قسمت نقره و یک قسمت از فلز آلومینیم چهار قسمت نقره را پائین آورده ته نشین نمایند. اختلافات اصلی که در استخراج نقره و طلا بطریقه نامبرده موجود است از این قراراند.

۱ - مواد معدنی نقره دار باید بیشتر خورده شوند و ذرات آنها ریز تر و کوچک تر باشند و مدت زیادتری در مجاورت محلول سیانور بمانند؛ زیرا در شرایط مساوی، درجه و سرعت حل شدن نقره در املاح سیانور نقره تقریباً نصف طلا بوده و به نسبت اوزان اتمی آنها تغییر می‌کند. وزن اتمی طلا ۱۹۷/۲ و نقره ۱۰۷/۸۸ می‌باشد.

۲ - مقدار املاح سیانور که در استخراج نقره به مصرف میرسد به مراتب بیش از مقدار بسته که برای طلا لازم است به جهت اینکه اولاً نقره باید مدت بیشتر و طولانی‌تری در محلول سیانور بماند تا حل شود و تولید ملح سیانور مضاعف نماید و ثانیاً مقدار درصد و عیار نقره موجود در سنگهای اولیه نسبت به طلا بیشتر و زیاد تراند. مثلاً سنگ معمولی نقره‌دار یک استخراج آن مقرون بصرفه و اقتصاد می‌باشد باید در حدود ۳۱۰ - ۷۷۰ گرم نقره در هر یک تن سنگ معدنی داشته باشد؛ در صورتیکه برای طلا، مواد اولیه ای که محتوی ۳/۱ - ۳۱ گرم در هر تن سنگ می‌باشند بکار می‌روند.

مصرف سیانور پتاسیم یا سدیم در حدود ۰/۷ - ۳/۵ کیلوگرم برای هر یک تن مواد اولیه نقره تعیین گردیده و البته برای هر ماده اولیه ای آزمایشهای لازم باید بعمل آید؛ تا مقدار صحیح و دقیق معلوم گردد ولی مصرف سیانور برای مواد اولیه طلا بین ۰/۱ - ۰/۵ کیلوگرم در تن می‌باشد.

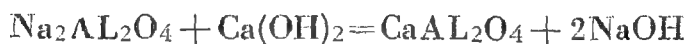
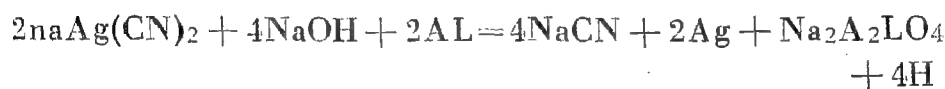
۳ - عملیات تهویه و مدیدن هوای متراکم در محلول سیانور برای حل کردن نقره باید

شدید تر باشد .

۴ - نقره باید در محلول سیانور قوی تر و غلیظ تری حل شود و بدین مناسبت مصرف سیانور بیشتر خواهد بود .

۵ - بطور کلی هزینه استخراج نقره بطریقه سیانوراسیون بیش از طلا است ؛ زیرا مدت طولانی تر و وسایل بیشتری لازم دارد ؛ و بطوریکه در بالا اشاره شد مصرف سیانور هم زیاد تر میباشد .

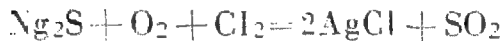
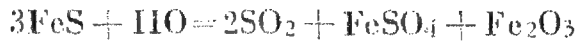
رسوب دادن نقره یا آلومینیم - آلومینیم بصورت گرد در عوض براده روی استعمال گردیده و نتایج خوبی داده است . طرز عمل آن عیناً مانند روی بوده ولی محلول سیانور نقره دار باید مدت بیشتری تماس با ذرات آلومینیم داشته باشد ؛ زیرا آلومینیم بسهولت براده روی "تر" نمیشود و داخل محلول نمیگردد . دیگر آنکه با گرد آلومینیم باید قدری سود محرق (NaOH) بکار برد تا اینکه آلومینیم بتواند در ملح مضاعف سیانور نقره ، جانشین نقره شود و عنصر مزبور را آزاد سازد . برای اینکه فعل و انفعالات مربوطه بطور مرتب و رضایت بخشی انجام گردد ، آهک نباید در محلول وجود داشته شد زیرا اکسید کلسیم با آلومینات دوسود حاصله ترکیب شده و آلومینات دوسود را مبدل به آلومینات کلسیم کرده و موجب اختلال عمل میگردد . برای اینکه ملح مزبور غیر قابل حل بوده ، بسهولت ته نشین شده ، و رسوبات آن درون لوله ها و مخازن را گرفته و باعث وقفه در کار میگردد .



۳ - ب) طریقه فون پاترا - (Von Patera) - در این طریقه از خاصیت حل شدن کلرور نقره در محلول هیپوسولفیت دو سود ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) و رسوب دادن سولفور نقره (Ag_2S) بوسیله سولفور سدیم (Na_2S) استفاده میگردد . طریقه نامبرده بوسیله فون پاترا در سال ۱۸۵۸ میلادی در اطریش بکار میرفت .

شرح عملیات - مواد اولیه و سهنگای معدنی نقره را در ماشینهای سنگ شکن

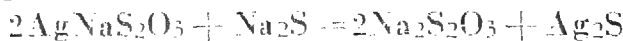
بقطعات کوچک درآورده سپس در آسیاء میکائیکی کاملاً خورد و ریز کرده که باندازه دانه خشخاش درآیند. در این حالت با ۱۰-۱۵٪ وزن کلیه مواد، نمک طعام مخلوط کرده و در یک نوع کوره شعله تشویه مینمایند و در نتیجه نقره مبدل به کلورور نقره طبق فعل و انفعالات زیرین میگردد.



در آغاز عمل تشویه، گرما باید بقدری باشد که فقط گوگرد مسود سولفور و مخصوصاً گوگرد آهن سوخته شوند و زیادی سولفور آهن را مبدل به (Fe_2O_3) و سولفات آهن بنماید و اگر هر آینه مس با فلزات دیگر نیز موجود باشد، آنرا هم تبدیل به سولفات بنماید. بعداً درجه گرما را تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد بالا برده و در نتیجه سولفات آهن با کلورور سدیم در امتزاج شیمیائی درآمده و آهن تبدیل بکلورور میگردد و در حین عمل گاز کلر نیز متصاعد میشود. گاز مزبور به سولفور نقره اثر کرده و آنرا تبدیل به کلورور نقره میکند. البته چون همیشه در مواد اولیه نقره مقداری مس: سرب وروی نیز موجودند، در حین انجام عمل تشویه بانمک طعام مقداری از آنها هم مبدل به کلورور میگردد؛ از این لحاظ قبل از اینکه کلورور نقره را به ظرفی که محتوی هیپوسولفریت دوسود میباشد، انتقال دهند باید کایه مواد را در آب گرم بیم زده تا اینکه کارورهای فلزات قابل حل در آب حل شده و از کلورور نقره جدا شوند. پس از صاف کردن و برطرف نمودن ناخالصیها آنگاه به نقره محلول ۵/۰ - ۲/۰ هیپوسولفریت دوسود $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ اضافه نموده تا اینکه کلیه کلورور نقره در آن حل گردد.



حال باین محلول، مقداری منوسولفور سدیم (Na_2S) و یا پولی سولفور سدیم (Na_2S_5) و (Na_2S_3) که از گرما دادن و مخلوط کردن سود محرق NaOH و گوگرد بدست آمده؛ اضافه نموده تا اینکه سولفور نقره طبق فعل و انفعالات زیر تولید شود.



سولفور نقره حاصله را صاف کرده، خشک نموده و در کوره گرما داده تا اینکه

کلیه کوگردان متصاعد شود و نقره باقی بماند. یا اینکه ممکن است در محلول اصلی AgNaS_2O مقداری آهن پاره واسقاط انداخته و نقره را بر روی آنهارسوب داده و پس از شستن بدست آورد.

۳- ج) طریقه زیر فوگل (Ziervogel) طریقه نامبرده برای استخراج نقره از درون مات مس بکار میرود و طرز عمل از این قرار است:

مات مس نقره دار در ماشینهای سنگ شکن شکانده و بعداً در آسیاهای میکائیکی کاملاً خورده و ریز نموده تا باندازه شن نرم و ماسه شوند. حال مواد خورده شده را در کوره شعله قرار داده و تشویه میکنند. و در این عمل سولفور آهن که در مات مس موجود است مبدل به سولفات گشته و بعداً تبدیل به اکسید آهن میگردد. سولفور مس هم مانند سولفور آهن ابتدا تبدیل بسولفات و بعداً با اکسید مس میگردد، ولی سولفات نقره بهمان حال باقی میماند و در درجه گرمائی که این عملیات اجرا میگردد تغییر حالت نمیدهد.

برای جدا کردن سولفات نقره از اکسیدهای مس و آهن و فلزات دیگر، مواد را داخل آب سرد یا گرم ریخته و سولفات نقره را جدا میکنند. البته آب گرم برای حل کردن سولفات نقره مؤثر و مفیدتر میباشد. پس از حل کردن سولفات نقره در آب، آنرا از مواد غیر قابل حل صاف کرده و نقره را از محلول بوسیله آهن اسقاط و یا مس ته نشین نموده و بصورت رسوب در آورده و آزاد میسازند.

موارد استعمال نقره - نقره خالص بطور استثنائی و در موارد بخصوصی بکار میرود ولی مهمترین مورد استعمال نقره که با مس یا طلا تشکیل همبسته میدهد، در مسکوکات، و در درجه دوم در ساختن ظروف آلات تجملی و قاشق و چنگال و غیره میباشد. نقره باندازه قابل ملاحظه در ساختن فیلمهای عکاسی و فیلم سینما که امروزه از صنایع بزرگ بشمار میروند استعمال میگردد. دیگر از موارد استعمال نقره در زیور آلات و دندانسازی و آئینه سازی است. در صنایع مختلف و در کارهای مهندسی، نقره

بشکل لحیم نقره و پوشش درونی ماشینها و دستگاههای مختلف عکاسی مورد استفاده قرار میگیرد. نقره باطلا و مس توایند همبسته‌های مختلف، نه‌وده و این سه فلز در مسکوکات و در ساختن جواهرات زیاد بکار میروند. اخیراً در صنایع اتوموبیل سازی از نقره و کادمیوم همبسته‌ای ساخته شده که مورد استعمال شایانی برای فلز برینگ (Bearing) پیدا کرده است.

طلای سفید (پلاتینم)

بعضی از فلزاتیکه محتوی طلای سفید بودند در ازمنه گذشته بکار میرفته‌اند ولی پلاتینم در سده شانزدهم بشکل یک عنصر دیر و سخت گدازی در مواد اولیه و سنگهای معدنی طلا در امریکای مرکزی بوسیله اسپانیولیها شناخته شده و مکتشفین اولیه اسم پلاتینا (Platina) یعنی « نقره کوچک » بآن دادند.

پلاتینم بحالت آزاد طبیعی در سنگهای آذری نیمه قلیائی از قبیل پریدوتیت (Peridotite) و سرپانتین (Serpentine) که در آنها نیز کرومیت ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) و اولیوین (Mg_2SiO_4) وجود آمده‌اند یافت میشود. مهمترین محل پیدایش آن در آب رفت‌ها و مسیله‌ها، مثل طلا میباشد و موادیکه در اینگونه محله‌ها بدست می‌آید معمولاً محتوی ۶۰-۸۰٪ Pt میباشد و بقیه طلا و فلزات دسته پلاتینم از قبیل ایریدیوم رودیوم-پالادیوم-اوزمیوم-روثینیوم هستند.

منابع این عنصر در نواحی اورال در روسیه شوروی-در کانادا و ایالات متحده امریکا-در برازیل-در استرالیا و افریقای جنوبی میباشد و محصول سالیانه در حدود ۲۰۰۰۰۰ اونس تروی یا ۶۶۰۰ کیلو گرام است.

خواص فیزیکی - شیمیائی و میکانیکی - طلای سفید در بسیاری از خواص عمومی شباهت زیادی بطالا دارد. مثلاً هوا، چه خشک و چه مرطوب بآن اثر نکرده و مقاومت زیادی در برابر اسیدهای اکسید کننده معدنی و در برابر گوگرد نشان میدهد ولی در

تیزاب سلطانی و کُمر حل شده و مانند طلا تولید املاح مربوطه می‌کنند.
طلای سفید سنگینترین فلز است که در صنعت بکار می‌رود. وزن مخصوص آن ۲۱/۶۴ و درجه گداز آن ۱۷۵۵ سانتی گراد می‌باشد. خواص چکشخواری، تورق و مفتول شدن را بدرجه نسبتاً اعلا دارا بوده و چون فلز دیر گداز است، لذا بعنوان ظروف و ادوات در تصفیه طلا و نقره و بشکل بوته و سیم و آلات دیگر در آزمایشگاههای دنیا زیاد بکار می‌رود. بهای طلای سفید از طلای زرد معمولی بیشتر است. با فلزاتی مانند آهن و مس و طلا تولید محلولهای جامدی نموده و بصورت همبسته درمی‌آید که سخت تر و محکمتر از همبسته‌های طلا می‌باشد.

اصول استخراج

در آغاز اکتشاف، گداختن و بصورت مایع در آوردن این عنصر خالی از اشکال نبود ولی بعد از آزمایشهای زیاد طریقه‌ای بدست آمد که آنرا با آرسنیک ترکیب نموده و همبسته بوجود می‌آمد که اوتکتیک آن محتوی ۱۲٪ پلاتینم می‌بود. ترکیب مزبور در گرمای ۵۷۸ درجه سانتی گراد گداخته شده و بحالت مایع درمی‌آید. بعداً اثر از دبا درجه گرما، آرسنیک تبخیر و سپس تقطیر شده و طلای سفید بشکل رسوب باقی می‌ماند که آنرا میتوان بوسیله شعله اکسیژن و نیدروژن و یا در کوره الکتریکی گداخته و تبدیل به مایع نمود. طریقه دیگر که برای استخراج پلاتینم و فلزات دسته پلاتینم بکار می‌رود، طریقه « تر » و شیمیائی است و روی این اصل قرار گرفته که عناصر دسته پلاتینم در تیزاب سلطانی حل شده و محلول مضاعف کلورور آمونیوم نیاترا تشکیل می‌دهند. برای استخراج پلاتینم، مواد معدنی شسته شده و پر عیار شده آنرا خورد کرده و مدت ۲۴ ساعت در تیزاب سلطانی به نسبت ۳ لیتر HCL بغلظت ۲۰ درجه Bé^(۱) و ۱ لیتر HNO₃ بغلظت ۳۵ درجه Bé^(۱) برای هر یک کیلو گرام مواد معدنی پلاتینم دار حل نموده و محلول را در آن مدت در گرمای ۸۰ درجه سانتیگراد نگاه داشته تا اینکه پلاتینم بصورت نمک مضاعف کلورور آمونیوم نیاترا در آید و عناصر ایریدیوم و از میوم ته نشین شده و غیر قابل حل باقی بمانند.

نمک محلول را پس از صاف نمودن بظرف دیگری برده و بان يك لیتر اسید HCl برای هر ۶-۷ لیتر محلول اضافه میکنند و در گرمای ۱۴۰-۱۵۰ سانتی گراد مقدار جاً تنخیر میکنند تا اینکه مابقی ایریدیم با پلاتینم ته نشین نگردد. پس از خاتمه عمل تبخیر آنچه رسوب میگردد، صاف کرده و در آب گرم حل نموده و چند ساعتی در این حالت نگاه میدارند تا اینکه رسوب طلای سفید و طلای زرد هر دو ته نشین شوند.

این رسوب را پس از صاف نمودن و خشك کردن در تیزاب سلطانی حل نموده و طلا در اثر اضافه نمودن مقداری $HNSO_3$ رسوب میکند و پائین میآید و از محلول جدا میگردد؛ آنگاه مقداری HCl اضافه نموده و بتدریج گرما داده تا اینکه غلظت محلول به ۳۰ درجه $Bé$ برسد. در این حال قدری نمک کلوزورد آمونیم بآن اضافه کرده و مدت چهار ساعت در این حالت باز نگاه میدارند تا اینکه يك مایع زرد رنگی که عبارت از کلورورامونیاك پلاتینم باشد رسوب نماید. مایع مزبور را پس از صاف نمودن و خشك کردن در بوته قرار داده و در گرمای ۷۰۰-۸۰۰ درجه تکلیس کرده و در نتیجه پلاتینم فازی بدست میآید.

فصل بیست و ششم جیوه آرسنیک بیزموت

جیوه

خواص فیزیکی - شیمیائی - جیوه یگانه فلزیست که در گرمای معمولی بحالت مایع میباشد، زیرا درجه انجماد بسته شدن آن (-39°) و درجه قلیان آن 357° درجه سانتی گراد است. جیوه یکی از فلزات سنگین وزن بوده که وزن مخصوصش $13/64$ است. هوای خشک و مرطوب در آن اثری ندارد ولی اگر درجه گرمای آن زیاد باشد و به 250° درجه سانتی گراد برسد با اکسیژن هوا تولید اکسید سرخ رنگی میدهد که در 270° درجه سانتی گراد مجدداً تبخیر میگردد. اسید کلریدریک رقیق اثری در جیوه نشان نمیدهد ولی اسید نیتریک و سولفوریک قوی و غلیظ و گرم جیوه را حل میکنند سولفور جیوه در اثر گرما و حرارت دادن بعناصر گوگرد و جیوه تجزیه گشته و در استخراج جیوه از مواد اولیه از این اصل شیمیائی استفاده میگردد.

جیوه با اغلب فلزات تشکیل یک سلسله ترکیباتی میدهد که معروف به ملقمه هستند؛ زیرا جیوه این خاصیت را دارد که با فلزاتی که میل ترکیبی شیمیائی نشان میدهد، آنها را بشکل ذرات بسیار کوچک و ذره بینی در خود نگاه میدارد. از نقطه نظر شیمیائی، ملقمه مخلوط بوده و ترکیب نیست زیرا اگر چنانچه ملقمه را در پارچه محکمی مانند پتو یا جیر گذارده و تحت فشار درآورند، قسمت معظم جیوه جدا شده و از درون پارچه بیرون میآید و فلز نسبتاً آزادی در هر چه باقی میماند. بطوریکه درمباحث طلا و نقره گفته شد، بشر هزاران سال این اصل را برای استخراج طلا و نقره بکار میرده است.

مواد اولیه و سنگهای معدنی

گاهی اوقات مقدار کمی جیوه بحالت آزاد طبیعی بشکل گویچه یا دانه در فلزات

دیگر پیدا میشود ولی تنها ماده اصلی جیوه سولفور آن سینابر (Cinnabar) است که بقدر مول HgS_2 میباشد و کلیه محصول دنیا از این ماده استخراج میگردد. رنگ آن سرخ و بوزن مخصوص ۱۸/۵ است. مقدار جیوه در مواد اولیه درجه یک در حدود ۱/۱۵ میباشد ولی در ایالات متحده آمریکا مواد اولیه ای که محتوی ۴/۵ - ۵/۵ درصد جیوه میباشد مورد استفاده واقع گردیده اند.

مهمترین معادن جیوه در درجه اول در کشورهای اسپانیا و ایتالیا و در درجه دوم در کالیفرنیا و مرکز یک و جزیره بورنئو (Borneo) واقع گردیده اند. محصول سالانه دنیا در حدود ۵۰۰۰ تن بوده که نصف آن از معادن اسپانیا بدست میآید.

اصول استخراج

استخراج جیوه از تنها ماده اولیه آن سینابر (Hg_2S) بزرگ اصل بسیار ساده که عبارت از احیاء بوسیله هوا و تقطیر جیوه میباشد برقرار گردیده زیرا وقتی که Hg_2S در مجاورت اکسیژن هوا گرمایه بیند، گوگرد آن بصورت (SO_2) متصاعد میگردد و از بین میرود، و اگر درجه گرمای بالاتر از درجه قلیان جیوه برسد آنگاه بخارات جیوه متصاعد شده را میتوان تقطیر نمود. بنابراین ماده معدنی جیوه در آن واحد که تشویه میشود و گوگرد خود را از دست میدهد احیاء هم میگردد $Hg_2S + O_2 = 2Hg + SO_2$

استخراج جیوه از مواد معدنی چه در روش قدیم و چه بطور جدید بزرگ اصل شیمیائی که در بالا ذکر شد استوار گردیده و اختلافات موجود در شکل ساختمان کوره ها و دستگاه تقطیر جیوه میباشد

هر طریقه شامل دو قسمت است: یک قسمت کوره که در آن عمل گرمادادن و احیاء صورت میگردد. دوم دستگاه تقطیر که در آن بخارات جیوه سرد و تقطیر شده و مبدل به فلز میگردد. طریقه که در ممالک مختلف تولید کننده بکار میروند از این قرار اند.

۱ - طریقه ایتالیائی یا طریقه (Idria) - کوره طریقه ایدریا بشکل استوانه ایست که اجاق و آتش خانه آن در قسمت تحتانی قرار گرفته و روی اجاق بتدریب سقف قوسی شکل و سوراخ داری که در فواصل معین تعبیه شده بنا گردیده. سقف فوقانی متصل بچندین

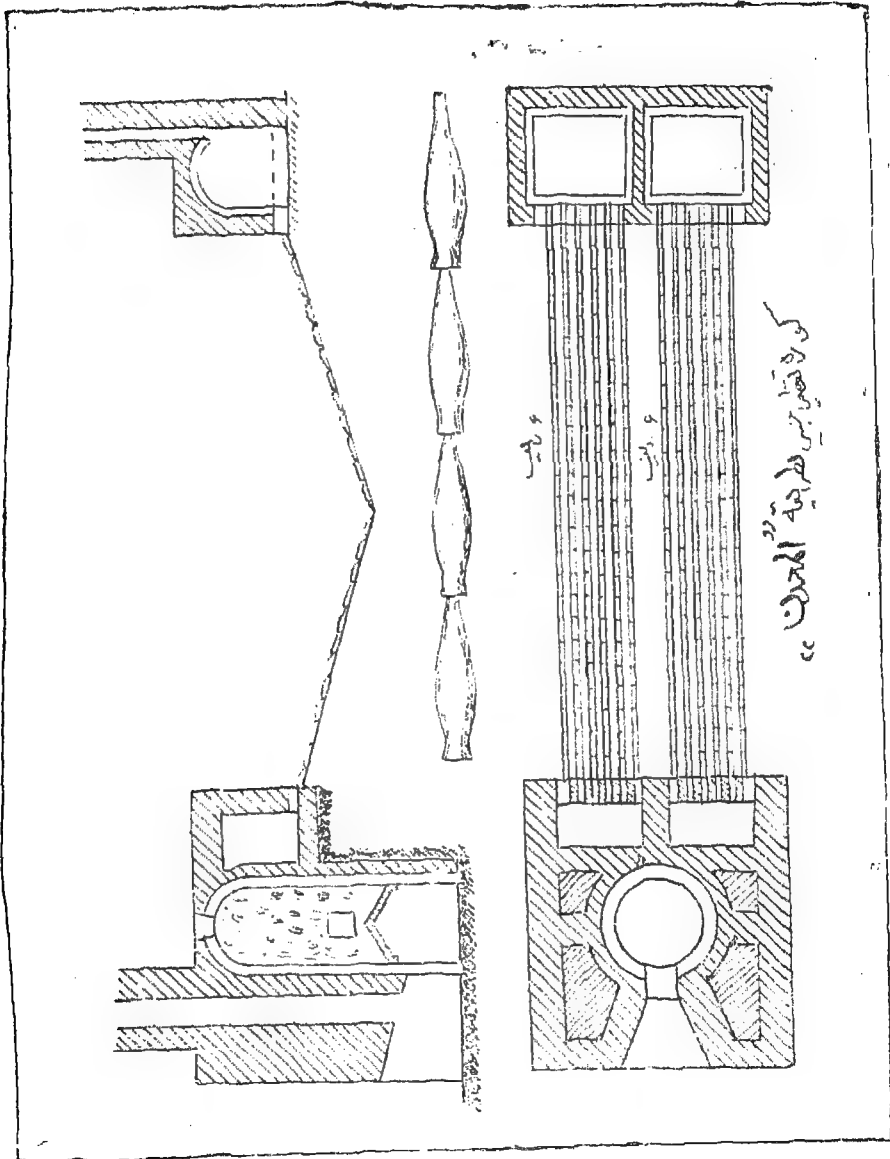
اطاق كوچك ميباشد كه بعنوان دستگاه تقطير بكار ميروند. هر يك از اين اطاقها از قسمت تحتاني يا فوقاني بطور متناوب بيكدیگر متصل بوده و از اين مجاری اتصال بخارات جيوه جهت تقطير و سرد شدن هدايت ميشوند.

مواد اوليه جيوه را روی سقف های قوسی بدین ترتیب، اول درشت، بعد متوسط و آخر ریز، گذاشته و آتشی در آتش خانه کوره روشن میکنند. متدرجاً مقدار هوای احتراق را زیاد کرده تا محصول احتراق سوخت از سوراخ های سقفهای قوسی بالا رفته و سولفور جيوه را تجزیه نموده و بخارات جيوه متصاعد گردد. بخارات مزبور از منافذی که در جدار کوره بعد از سقف فوقانی تعبیه شده اند بدرون اطاقهای تقطير جاری گشته و پس از سرد شدن از حالت گازی بحالت مایع در آمده و در کف اطاقها جمع میگردد. بیشتر جيوه در اطاقهای اولی تقطير شده و در اطاقهای سوم و چهارمی دوده جيوه و خاکه آن جمع میگردد. برای اینکه عمل تقطير بطور کاملی انجام گیرد و گازی که از اطاقهای آخری بیرون میرود محتوی بخارات جيوه نباشد، در اطاقهای آخری مواعی کار گذارده شده که گاز اجباراً باید از این مواع بیرون رود و برخورد به آب که مثل باران ریزش میکند کرده تا مابقی جيوه را با آب به پائین اطاق بفرستند یکی از معایب این طریقه این است که این کوره را نمیتوان بطور دائم کار انداخت و پس از هر عمل باید بکلی آنرا خالی نمود و از نو بار کرد.

۴ - طریقه اسپانیائی یا طریقه المعدن (Almaden) - طریقه نامبرده در اسپانیا متداول است و اختلافی که با طریقه ایتالیائی دارد فقط در شکل کوره و دستگاه تقطير جيوه میباشد.

کوره طریقه المعدن از يك استوانه تشکیل شده که روی اجاق آن چند دیوار مایل و مورب و سوراخ داری ساخته شده است بقسمی که مواد اوليه نمره يك را ابتدا روی آنها گذارده و بعداً يك طبقه شن و ماسه روی سنك سینا بر ریخته و سپس مواد اوليه ریز و خاکه جيوه دار را روی همه میگسترانند. آتشخانه کوره را از سوختی مانند چوب یا زغال سنك یا زغال چوب روشن کرده و بتدریج مقدار هوا را زیاد کرده تا در نتیجه احتراق درجه گرما بالا رود و از درون مواد اوليه جيوه بگذرد و بدین وسیله بخارات

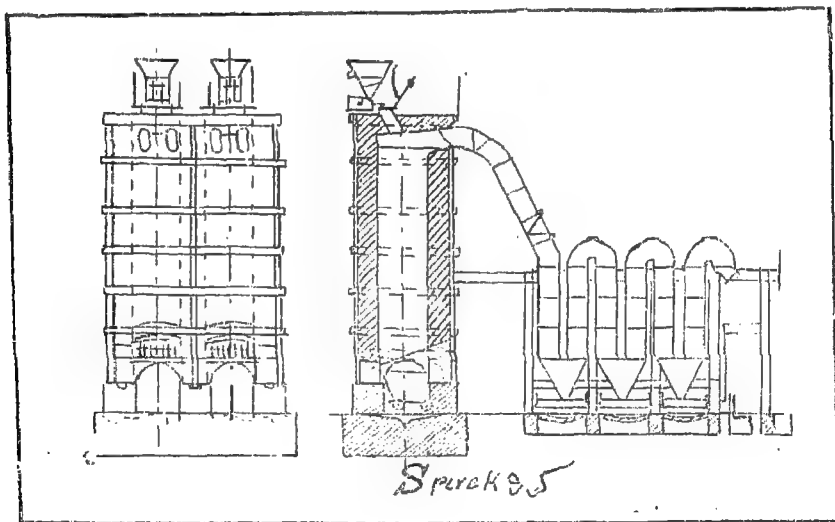
جیوه متصاعد شده را از منفذ فوقانی بطرف دستگاه تقطیر هدایت نماید دستگاه تقطیر جیوه از یک‌کده ظروف سفالی بشکل تمبوشه‌های گلابی شکل که از دو طرف یکدیگر



متصل شده و تشکیل زنجیر را میدهند ترکیب می‌باشد (شکل بالا) ظروف نامبرده روی دو سطح مورب و سرازیری که در وسط بایکدیگر زاویه منفرجه می‌سازند قرار گرفته .

دو تمبوشه‌ایکه در زاویه بهم متصل میگردند منتهی به منفذی میباشند که از درون آن جیوه تقطیر شده در ظرف بزرگی که بلافاصله زیر انود قرار گرفته ریخته و جمع میگردد .

۳- کوره اسپیرک (Spirek) کوره نامبرده از یک مکعب مستطیل قائم با ابعاد $1 \times 2 \times 6$ متر ارتفاع از صفحات فولادین پرچ شده ساخته شده و درون آن از آجر نسوز پوشیده گشته است . تقریباً یکمتر بالاتر از کف قاعده چند عدد میله آهنی موربی کار گذارده شده تا مواد اولیه جیوه دار روی آنها قرار گیرد و بعداً خارج کردن آنها بوسیله برداشتن میله‌ها میسر باشد . مواد اولیه که شامل سنگهای درشت سینابر بوده با 0.2 وزن آنها زغال خوب مخلوط کرده و روی میله‌ها میچینند . سپس کوره را روشن کرده تا



شکل (۲۱۵) کوره اسپیرک و دستگاه تقطیر جیوه

اینکه بخارات جیوه متصاعد گردد . دستگاه تقطیر این کوره از چندین لوله آهنی که بشکل U ساخته شده و در قسمت تحتانی به قیفهای مخروطی شکل متصل است تشکیل شده . قیفهای مزبور روی حوضهای آبی قرار گرفته اند برای اینکه جیوه تقطیر شده در آب جمع گردد. در قسمت فوقانی استوانه ، بلافاصله روی منفذ خروجی بخارات متصاعد قیف و درب بارگیری ساخته شده و از این جهت میتوان با این کوره‌ها بطور دائم و مستمر کار کرد ، زیرا مواد اولیه را در حین لزوم از بالا وارد کرده و مواد ذوب

و عمل شده را از پائین کوره بیرون برند. ظرفیت کوره اسپیرک در حدود ۱۵ تن در ۲۴ ساعت بوده و مناسب مواد اولیه فقیر می باشد. کوره و دستگاه تقطیر آن در شکل (۲۱۵) دیده می شوند.

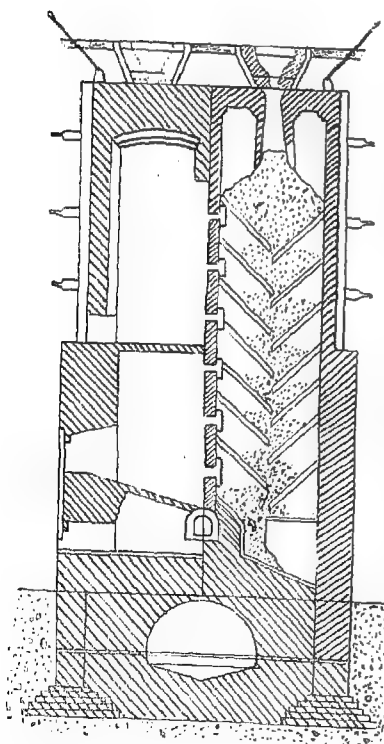
۴ - کوره اسکات (Scott) کوره اسکات برای استخراج جیوه از مواد اولیه نسبتاً فقیر ایالت کالیفرنیا در سال ۱۸۷۶ میلادی ایجاد شد و بعداً خیلی متداول گردید. بطوریکه از شکل (۲۱۶) ملاحظه می شود، مواد اولیه را که در ماشینهای سنک شکن شکانده شده و بقطعات $\frac{3}{5}$ سانتیمتر قطر متوسط درآمده است از قیف و درب بارگیری که بالای کوره تعبیه شده بداخل کوره میریزند. مواد روی پله کانه های موربی که از آجرهای کاشی داخل کوره بطور متناوب ساخته شده سرازیر گشته و از پله به پله بعدی افتاده و بدین ترتیب بطرف پائین کوره میروند ولی در حین سقوط از پله به پله بعدی، مسیر مواد معکوس شده و در نتیجه سطوح تازه تری گرمادیده و جیوه خود را از دست میدهند. گرمای لازمه که از احتراق سوخت جامد یا مایع یا گازی در قسمت دیگر کوره حاصل میشود از بالای منافذ متعددی که در جدار کوره ساخته شده داخل کوره گشته و سوله فور جیوه را تجزیه میکند. بخارات جیوه از قسمت فوقانی کوره خارج شده و بدرون لوله های طویلی که از آجر کاشی و سفالی ساخته شده هدایت گشته و جیوه پس از سرد شدن در درون این لوله های سفالی تقطیر میگردد. با این ترتیب کوره را نیز میتوان بطور دائم و مستمر بکار انداخت، زیرا ممکنست مواد را از بالا وارد کوره نمود و از پائین بیرون برد. ظرفیت این کوره ها در حدود ۴۰ تن در هر ۲۴ ساعت میباشد.

۵ - طریقه قرعی - طریقه نامبرده در ایالت کالیفرنیا معمول گردیده و متبکران بنام ماکای (Johnson McKay) بوده است. قرع از يك لوله چدنی بقطر $\frac{1}{30}$ متر و بکلفتی ۲ سانتیمتر و بطول ۲ متر ساخته شده است که يك انتهای آن متصل به مخزن و طی است که از درون آن مواد را داخل لوله کرده و انتهای دیگر آن متصل به لوله دیگر بقطر ۸ سانتیمتر بوده و متصل بدستگاه تقطیر می باشد. تعداد شش الی دوازده لوله قرعی را نزدیک هم روی اجاقی ساخته و انتهای کلیه آنها را بیک اطاق تقطیر متصل مینمایند.

آتش را در اجاق روشن کرده و گرما را طوری زیاد میکنند که گرمای درون قعر بین ۶۰۰ و ۸۰۰ سانتیگراد باشد. موادیکه محتوی گوگرد آنها زیاد است. با قدری سنک آهک مخلوط میکنند تا عمل احیاء شدن سولفور جیوه سریعتر صورت گیرد.



۶ - طریقه کوره مدور گردان (Rotary furnace) - کوره های مدور گردانیکه برای این منظور بکار میروند عیناً مانند کوره هایی است که در سیمان سازی معمول میباشند و عبارت است از يك استوانه فلزی که با شیب ملایمی در طول طوری قرار گرفته که بخارات جیوه از هیچ منفذی غیر از منفذ خروجی بیرون نیاید و تلف نگردد. ابعاد کوره ها نسبت به نوع و مقدار مواد اولیه که باید در آنها عمل شود تغییر کرده و معمولاً قطر و طول آنها بین ۰/۶ الی ۱/۵ متر و ۱۰-۲۵ متر میباشد.



مواد اولیه را ابتداء خورده و بوسیله آلت خورنده بداخل کوره برده و سپس کوره ها را روشن کرده و به چرخش درمی آورند. سوخت کوره ممکنست گاز یا نفت سیاه و یا زغال سنک پولوریزه باشد. بخاراتیکه از منفذ خروجی بیرون می آیند ابتدا به اطاقی موسوم به اطاق غبار گیر رفته و بعداً بدرون لوله های سفالی که سطوح درونی آنها از آجر کاشی مفروش است هدایت شده تا پس از سرد شدن تقطیر شوند. استخراج جیوه در اواخر جنگ جهانی اول یعنی ۱۹۱۷ - ۱۹۱۸ در ایالت کالیفرنیا معمول شده و امروز خیلی متداول است.

مزایای مهم دیگری که برای این کوره قائل اند عبارت است از ۱ - کمی هزینه ساختمان و

نگهداری ۲ - صرفه جوئی و سهولت عمل ؛ (شکل ۲۱۶) - کوره اسکات برای تقطیر جیوه

۳- نداشتن احتیاج بکارگران زیاد. ۴- ظرفیت زیاد و غیره.

تصفیه جیوه - البته جیوه آئیکه بلافاصله پس از تقطیر اولیه بدست می آید ناخالص بوده و ناخالصیهای محتوی برد و نوع اند:

اول- ناخالصیهای آئیکه بصورت کثافات در حین تقطیر جیوه پائین می آیند.

نوع دوم ناخالصیهای فلزی بوده که در جیوه بصورت ملقمه در می آیند. برای برطرف نمودن هر دو نوع ناخالصیها، جیوه را ابتداء از درون پارچه عبور داد و صاف کرده و بعد آنرا مجدداً تقطیر می نمایند و با اینکه با مقداری اسید نیتريك مخلوط کرده و گرماء میدهند تا در نتیجه جیوه پاکیزه و تمیزی حاصل شود.

موارد استعمال - جیوه را بیشتر در استخراج طلا و نقره و ساختن ملقمه بکار می برند ولی جیوه در صنایع شیمیائی و برای چاشنی بفرمول ($\text{HgC}_2\text{N}_2\text{O}_2$) و رنگ و در دستگاههای الکتریکی و آزمایشگاهها و در گرما سنج و هوا سنج و بالاخره در دواجات پزشکی زیاد مورد استعمال دارد.

جیوه را معمولاً در شیشه های چدنی با سفالی که محتوی ۳۵ کیلو گرام جیوه میباشند بفروش میرسانند.

آرسنیک

ترکیبات آرسنیک از منهن قدیمه معلوم بوده، ولی شرودرز (Schroeder) نخستین دانشمندی بود که در سال ۱۶۹۴ میلادی عنصر آرسنیک را از املاح آن آزاد ساخت و بتدریج خواص فیزیکی و شیمیایی این عنصر تحت مطالعه قرار گرفت.

خواص فیزیکی - آرسنیک مانند فسفر در چند حالت مختلف و متمایز (الوتروپی) میتواند وجود داشته باشد. در حالت پایدار و ثابت فلزیست برنگ خاکستری پولادی و بسیار شکننده، مقطع شکستگی آن دارای جلای فلزی بسیار عالی میباشد و در سیستم رومبوهدرال (rhombohedral) متبلور میگردد. نوع دیگر آن کاملاً بیشکل (امورف) میباشد. وزن مخصوص نوع متبلور ۵/۷۲۷ و نوع بیشکل ۴/۷۱ است. در ۴۵۰ درجه سانتیگراد و در فشار معمولی هوا فوراً تبخیر شده و فرار میشود ولی در تحت فشار زیاد، در ۸۳۰ درجه سانتیگراد گداخته میشود.

خواص شیمیایی - علامت شیمیایی آرسنیک As، بوزن اتمی ۷۴/۹۶ و از شبه فلزات سه والانسی میباشد. در هوای خشک تغییر نمیکند ولی هوای مرطوب رنگ و جلای فلزی آنرا از بین میبرد و سطح آنرا متدرجاً از یک قشر نازک اکسید As_2O_3 میپوشاند. در هوا و در مجاورت اکسیژن با شعله آبی مایل بسفید رنگی میسوزد و دود غلیظ سفیدی که از اکسید آرسنیک ترکیب یافته و بوی سیر را میدهد از خود منتشر میسازد.

آرسنیک در اسید سولفوریک غلیظ حل شده ولی در نوع رقیق آن بی اثر میماند. اسید کلریدریک در مجاورت هوا متدرجاً آرسنیک را حل کرده و آنرا مبدل به کارور آرسنیک مینماید. اسید نیتریک، آرسنیک را در خود حل کرده و املاح آرسنور و آرسنیک میسازد. آرسنیک فلزی با نترات دوپتاس یا کلرات دوپتاس تولید املاح آرسنات دوپتاس میکند که در کشاورزی استعمال مهمی دارند.

مواد اولیه و سنگهای معدنی آرسنیک - منابع اصلی آرسنیک عبارتند از :
۱- سنگهای معدنی ۲- محصولات درجه دوم فلزات دیگر که در مواد اولیه آنها این عنصر بشکل ناخالصی موجود بوده و در حین استخراج آنها باید گرفته شود .

سنگهای معدنی آرسنیک عبارتند از : آرسنیک آزاد طبیعی که همیشه به همراهی عناصری از قبیل سرب و آنتی موان و نقره میباشد . ۲- آرسنوپیریت یا (Mispickel) بقورمول $(FeAsS)$. ۳- سولفورهای آن موسوم به ریاگار (Realgar) بقورمول As_2S_2 و اورپیمنت (Orpiment) بقورمول As_2S_3 . آرسنور فلزات دیگر از قبیل مس - سرب - نیکل و غیره میباشد .

کشورهای تولید کننده آرسنیک از مواد معدنی عبارتند از نووا اسکوشیا (Novascotia) در کانادا - ژاپون - ایالات متحده امریکا - آلمان - اتریش - ایران در ناحیه کردستان .

اصول استخراج

احیاء نمودن آرسنیک از تری اکسیدان As_2O_3 ، در یک روش شیمیائی سهل و ساده ای صورت میگیرد و فلز یکه محتوی $99/5\%$ آرسنیک میباشد بدست میآید .
باریکه از As_2O_3 $75/0\%$ و $25/0\%$ زغال چوب تشکیل شده در یک دستگاه مخلوط کننده گردانی قرار داده که کاملاً مخلوط شوند و بعداً آنرا داخل یک کوره احیاء میکنند . کوره های احیاء آرسنیک معمولاً از یک لوله فولادی بطول ۲ متر و به قطر ۵ سانتیمتر ساخته شده و سطح خارجی آنها از عایق نسوزی پوشیده شده است و فیما بین آنها از اکت فولادی دیگری قرار گرفته ؛ یعنی لوله اصلی که عایق شده درون یک لوله بزرگتری جای گرفته است که در فضای خالی آن بخار آب جریان دارد . قسمت انتهای لوله احیاء متصل به دستگاه تقطیر میباشد که بخارات آرسنیک را تقطیر میکنند .

تهیه آرسنیک سفید - میتوان گفت که کلیه آرسنیک تجارتی که در بازارهای دنیا عرضه میگردد بصورت تری اکسید (As_2O_3) میباشد ولی اسم آرسنیک اطلاق به اکسیدان میگردد و نه به فلز اصلی . طرز استخراج آن از اینقرار است :
آرسنیک خالص در دومرحله بدست میآید : ۱- مرحله بدست آوردن آرسنیک

خام که محتوی ۷۰٪ As بوده و موسوم به آرسنیک سفید است

۲- خالص کردن آرسنیک خام از ۷۰٪ به ۹۱٪ (As)

دستگاه استخراج شامل چهار کوره تشویه کننده از نوع ماکدوگال (McDougall) بوده که بترتیب یکدیگر متصل میباشند.

کوره اولی طبق معمول کوره تشویه شناخته شده و مواد اولیه آرسنیک که باید تشویه شوند از بالا داخل شده و قسمت پایین میآید و بوسیله دو مشعل یا دو آتش خانه گرمای درونی کوره تشویه را به ۶۵۰ درجه سانتیگراد میرسانند.

دستگاه های دیگر یعنی ۲-۳-۴ عیناً مانند اولی بوده جز اینکه درون آنها خالی و فقط در قسمت تحتانی نزدیک به قاعده یک عده پاروهای میکانیکی برای هم زدن غبار است که در ته میافتند و وجود است. غبار آتیکه از قسمت دستگاه اولی خارج میگردند و داخل دستگاه دومی آمده و بر خورد به وانعی که در وسط دستگاه تعبیه شده کرده و یک مسیر طولانی را طی میکند. بالاخره از منفذ فوقانی چهارمی بیرون رفته و داخل اطاق غبار گیر میشود. گاز اکسید آرسنیک در این مسیر طولانی سرد شده و در یکی از این دستگاهها تصفیه میگردد و عاقبت بصورت جامد در آمده و در این حالت در کف آنها جمع میگردد.

۲- پس از آنکه به مقدار کافی اکسید آرسنیک بدست آمد آنرا جمع نموده و بدرون یک کوره شعله کوچکی انتقال میدهند. مشخصات این کوره عبارت است از یک صفحه چدنی و دو آتشخانه. صفحه مزبور طوری ساخته شده که هم از بالا و هم از پایین گرم میشود و حرارت میبیند. در هر صورت مقدار گرما را باید طوری تنظیم نمود که از ۵۵۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند. اطاقهای تقطیر نیز باین کوره متصل است و در آنها گازهای آرسنیک پس از سرد شدن تصفیه گشته و جمع آوری میشوند.

موارد استعمال - مقدار کمی آرسنیک را بسریکه برای ساختن ساچمه بکار میبرند اضافه مینمایند که شکل آنرا کاملاً گرد و کروی بنماید. مقدار کمتری آرسنیک به پولاد اضافه میشود که بآن خواص صیقل گرفتن را بدهد. بعضی معتقدند که اگر در مس مقدار کمی آرسنیک باشد خواص آن مس از مس خالص بهتر خواهد بود. قسمت عمده استعمال آرسنیک برای ساختن آرسنات دو سدیم و آرسنات دو کلسیم است که برای

دفع آفات کشاورزی و موشهای صحرائی و غیره بکار میبرند. آرسنات کلسیم بیشتر برای از بین بردن آفت های پنبه استعمال میشود. در درجه کمتر آرسنیک را در داروهای پزشکی بکار میبرند و اما نوع خالص آن هیچگونه استعمال صنعتی ندارد.

طرز ساختن آرسنات کلسیم - تری اکسید آرسنیک As_2O_3 را بوسیله اسید نیتریک به اسید آرسنیک مبدل کرده و بعداً با اضافه نمودن مقداری سود محرق به اسید آرسنیک آرسنات دوسود بدست میآید.

سپس ملح مزبور را با لایه مخلوط کرده و در نتیجه آرسنات کلسیم رسوب میکند و به شکل گرد برای از بین بردن آفات نباتات و مزارع بکار میرود.

آرسنیک ایران

معدن زره شوران که کلیه محصولات آرسنیک ایران از مواد اولیه آن بدست میآید در ۲۶ کیلومتری شرقی تکاپ و در ۲۳۰ کیلومتری تهران واقع شده است.

مواد معدنی که در این معدن بطرز قدیم استخراج میگردد عبارتند از:

سولفورهای ریالگار و اورپیمنت که در سر معدن پس از سناجوری بانواع زیر درجه بندی میگردد.

زرنیخ شاخه ای محتوی ۱۰٪ As و ۳۹٪ گوگرد

زرنیخ پولادی " ۵۹٪ As و ۳۸٪ "

زرنیخ نوع درهم " ۴۰٪ As و ۱۶٪ "

آثار مواد معدنی آرسنیک تا شعاع ۵۰۰ متری اطراف معدن مشاهده میگردد و ذخیره این معدن تا کنون تعیین نگردیده است.

مواد استخراج شده را بکارخانه سم سازی کرج که تحت وزارت کشاورزی اداره میشود فرستاده و کلیه آن بمصرف ساختن سم جهت دفع نباتات میگردد.

بیزموث

خواص فیزیکی و شیمیایی - بیزموث فلزیست بسیار سخت و شکننده، برنگ مخصوص قره زمایل بسفیدی و دارای جلای فلزی بسیار عالی میباشد. این عنصر شباهت زیادی به انتی موان فلزی دارد و فقط در رنگ از آن تشخیص داده میشود. مشخصات مهم آن بشرح زیر است:

وزن مخصوص آن در حالت جامد $9/82$ ؛ در حالت مایع و گداخته $10/05$ اویکی از فلزاتی است که پس از انجماد منبسط شده و به حجم آن $2/5\%$ افزوده میگردد. مقطع شکسته گی آن متبلور و از نوع هکساگونال است. در 267 درجه گداخته شده و در 1444 درجه سانتیگراد بقلیان درمیآید. هدایت گرمایی آن فقط $1/18\%$ نقره و هدایت الکتریکی آن $1/19\%$ نقره میباشد.

علامت شیمیایی آن (Bi)، بوزن اتمی 208 و در گرمای معمولی، هوا و رطوبت چندان تأثیری در آن ندارند ولی اگر در مجاورت اکسیژن و هوا گرماداده شود، سطح بیزموث فلزی از یک غشاء باریک اکسید سیاه رنگ آن (Bi_2O_3) پوشیده میگردد و کدر میشود. بیزموث فلزی با شعله آبی رنگی در گرمای سرخ میسوزد و تبدیل به اکسید (Bi_2O_3) میگردد. در گرمای سفید، بیزموث بخار آب را تجزیه میکند این عنصر مستقیماً با کربن - برم و یود در آمیزش شیمیایی در آمده و تولید املاح مربوطه را مینماید. اسیدهای HCl و H_2SO_4 چه رقیق و چه غلیظ و سرد بیزموث را حل نمیکند ولی اگر گرم باشند آنرا بتدریج در خود حل مینمایند. در اسید نیتریک و تیزاب سلطانی چه سرد و چه گرم به سهولت حل میشود. بیزموث گداخته بآسانی با گوگرد ترکیب شده و تولید سولفور (Bi_2S_3) مینماید.

منابع و مواد اولیه - بیزموث از دو نوع منبع اصلی بدست میآید و آنها عبارتند از:

۱ - مواد اولیه و سنگهای معدنی طبیعی ۲ - محصولات فرعی که از استخراج فلزات

اصلی حاصل میشوند و در آنهم مقادیر معتنا بیهی بیزموت بطور ناخالصی وجود دارد .
 ۱ - سنگهای معدنی بیزموت بمقادیر و کمیت های قابل استخراج در آلمان -
 اتریش - اسپانیا - شیلی - پرو - بولیوی - مکزیک - ایالات متحده امریکا - چین -
 ژاپون و استرالیا یافت و استخراج میگردند .

بیزموت در قشر زمین هم بحالت آزاد طبیعی و هم بحالت اکسید و بحالت سولفور
 و تلور، در رگه های فلزات دیگر از قبیل قلع - کبالت - نقره - طلا - مس - سرب و
 انتی موان بوجود آمده است .

۲ - بیزموت بمقادیر کم در بسیاری از سنگهای معدنی فلزات مهم موجود است
 که در حین استخراج آنها در یک مرحله این عنصر را باید جدا نمود . مهمترین اینگونه
 محصولات درجه دوم و فرعی عبارتند از سرب نقره دار که در طریقه پاتینسون عمل
 میگردد . ۲ - در لیتارژ و در کف کوره های کوپلاسیون که از سرب اشباع شده اند .
 ۳ - در اشپایس نیکل و کبالت . ۴ - در لجن انود که در کف حوضچه های الکترولیز سرب - مس
 و قلع باقی میماند .

اصول استخراج

این عنصر را میتوان از مواد اولیه بوسیله احیاء بطریق ترشیمیمیائی یا روش آتشی
 و یا هر دو بدست آورد . مراحل مختلف استخراج آن شامل :
 ۱ - گداز در کوره ۲ - حل کردن مواد اولیه در یک نوع محلول .
 ۳ - تصفیه الکتریکی، میگردد که بشرح زیر است .

۱ - استخراج بطریق آتشین . سابقاً که معادن بیزموت تازه مکشوف شده بود
 و بیزموت آزاد طبیعی در دست رس بود، آنرا مانند انتی موان در بوتله آب میکرده و
 و عمل لیکواسیون (Liquation) را انجام میدادند ولی رفته رفته که مواد اولیه در
 کیفیت و کمیت کم شد، طرز استخراج تغییر کرد؛ زیرا بعداً لازم شد مواد اولیه را ابتدا آتشی
 نموده و بعداً بامقداری مواد گدازآور مناسب مخلوط کرده و در کوره شعله کوچکی یا
 بوتله باکک و یا زغال چوب بگدازند . بعداً مواد گداخته را در قالب ریخته و پس از
 انجماد و بسته شدن قسمت فلز را از قسمت سرباره و خاکی جدا نموده و سپس آنرا

تصفیه نمایند تا اینکه بیزموت نسبتاً خالصی حاصل شود .

۴ - استخراج بطریق « تر » شیمیائی - مواد اولیه که بصورت اکسید یا کربنات بوده در ماشینهای سنگ شکن و آسیا خورده و ریز کرده و با اندازه های $0/25$ میلیمتر قطر درآورده و در ظروف گلی یا پورسلانی با اسید کلوریدریک مخلوط کرده و در آن حل میکنند . معمولاً اگر بیزموت در حالت آزاد طبیعی باشد و یا درون همبسته باشد آنرا در اسیدنیتریک یا در تیزاب سلطانی حل میکنند .

پس از حل کردن و اضافه نمودن آب، آنرا گرم کرده تا اینکه رسوبات ته نشین شوند و جدا کردن این دو از هم بوسیله صافیها امکان پذیر باشد . این عمل مجدداً تکرار میشود تا اینکه سرب محتوی برطرف گردد . بعداً رسوبات را خشک کرده و با زغال و مقداری کربنات دوسود و کربنات کاسیم گداخته و با نوع بیزموت فلزی ناخالصی نتیجه میگیرد .

۳ - تصفیه الکتریکی - برای جدا نمودن بیزموت از همبسته های آن تجزیه الکتریکی در محلول الکترولیت فلو سیلیکات سرب و اسید فلو سیلیسیک صورت میگیرد . انودها را از همبسته که محتوی بیزموت میباشد ریخته و کاتود ها را از صفحات سرب خالص میسازند . در این الکترولیز ، سرب از انود جدا شده و روی کاتود سربی رسوب میکند و بیزموت همچنان روی انود باقی میماند . بعد از آنکه قسمت معظم سرب گرفته شد انودها را از حوضچه بیرون آورده ، شسته ، و در کوره کوچکی میگدازند . محصولی که بدست میآید بیزموت خالص نبوده و در حدود $0/10$ سرب خواهد داشت .

۴ - تصفیه نهائی - محصولاتی که از گداز مواد اولیه بدست میآیند در حدود 2 الی $10/$ ناخالصی داشته که مهمترین آنها شامل فلزاتی مانند سرب ، آرسنیک ، آنتی موان ؛ گوگرد ؛ سلینیوم ؛ تلوریوم ؛ آهن و نقره میباشد و البته فلزی که این همه ناخالصی دارد نمیتوان بمنظوری بکار برده شود .

روش تصفیه که در این مورد بکار میرود غبارتست از گداز مجدد تا اینکه در هر مرحله یک یا چند عدد از ناخالصیهای مزبور دفع گردد و از بین برود . مثلاً گداختن بیزموت فلزی ناخالص با گوگرد ، فلزاتی از قبیل مس و نقره را بصورت مات در میآورد که میتوان آنها را جدا کرد . گداختن بعدی آن با سود محرق عناصری از

قیل Sb, Zn, As, Se, Te را از بین میبرد. و بالاخره گداختن بیزموت باروی میتوان طلا و نقره را از بیزموت کاملاً جدا نمود تا بالاخره بیزموت ۹۹/۵٪ بدست آید. بیزموت خالص فلز را بشکل هیله‌هایی بوزن ۱۲ کیلو گرام میریزند و یا بصورت املاح و همبسته درآورده و در بازارها عرضه میدارند.

موارد استعمال - بیزموت فلزی خالص هیچگونه استعمال صنعتی و مهندسی ندارد ولی از این عنصر همبسته‌های متعدد و مفیدی که خاصیت زود گدازی دارند یعنی در گرمای کمتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد گداخته میشوند میسازند. مقداری از این عنصر به همبسته‌های فلزات دیگر اضافه شده تا در حین انجماد از انقباض شدید آنها بکاهد. مهمترین همبسته‌های زود گداز بیزموت در جدول زیر داده شده است.

جدول (۳۸)

درجه گداز	عناصر ترکیب کننده بقسمت				اسم همبسته
	Cd کادمیم	Sn قلع	Pb سرب	Bi بیزموت	
۹۴۱۵ درجه سانتیگراد	—	۳	۵	۲	فلز نیوتن (۱)
» ۹۳۱۷۵	—	۱	۱	۲	فلز روز (۲)
» ۹۱۱۶۹	—	۲	۳	۵	لژیشتن برگ (۳)
» ۷۱/-	۱	۱	۲	۴	فلز وود (۴)
» ۶۰/-	۳	۴	۸	۱۵	فلز لیپوویتز (۵)

همبسته‌های بالا در کارهای لحیم کاری؛ ملقمه؛ دندانسازی (پر کردن دندانها) در گراور سازی، در سکه، پول و مدال و برای فتوالکتریک و سفید کردن آئینه و آئینه سازی زیاد بکار میروند.

ولی مهمترین موارد استعمال املاح بیزموت در دواجات و داروهای پزشکی میباشد: مقدار کمتری در عکس برداری از بدن انسان با اشعه X استعمال میشود ولی در این گونه املاح بیزموت؛ آرسنیک و یا تلوریوم نباید بهیچوجه وجود داشته باشد.

فصل بیست و هفتم

انتی موان

تاریخچه - انتی موان یکی از فلزات قدیمه است که از آغاز تاریخ بر بشر معلوم بوده و قدما آن را در داروهای پزشکی و تجمل و زینت زنان، مخصوصاً در رنگ کردن ابروان (سرمه) بکار میبردند. در بعضی از حفاریات و کاوشهای تاریخی ظروفی پیدا شده که دلالت بر آشنائی قدما به اصول و طرز استخراج این فلز از مواد اولیه آن مینماید.

اولین دانشمندانیکه راجع بطرق استخراج و گداز انتی موان از مواد اولیه و تهیه املاح مختلف آن اطلاعات و دستوراتی داده اند بازیل ولانتین Basil Valentine کشیش آلمانی و اگریکولا (Agricola) مؤلف اولین کتاب متالورژی میباشند که هر دو در سده پانزدهم میلادی در اروپا زندگانی میکردند. انتی موان را در همان زمان برای فلز چاپ و آئینه سازی و رنگ استعمال مینمودند. در سده شانزدهم آنرا جهت ساختن بعضی دواجات پزشکی بکار برده اند. رسوب دادن انتی موان از مواد معدنی سولفوران بوسیله فلز آهن در بعضی از نوشته جات علمی سده هفدهم ذکر شده و در سده هیجدهم طریقه تشویه و احیاء آن مستعمل بوده است. بالاخره ذوب و گداز انتی موان از مواد اولیه در کوره ای که امروز معمول است در سده نوزدهم اکتشاف شده و در سال ۱۸۹۶ میلادی انتی موان فلزی که از طریق تجزیه الکتریکی بدست آمده بود به بازارهای فلزات دنیا عرضه گشته است.

حالت های مختلف انتیموان - مانند فسفر و آرسنیک، انتیموان دارای چندین حالت مختلف و متمایز (Allotropy) بوده که عبارتند از:

- ۱- انتیموان فلزی - اگر خالص باشد برنگی سفید نقره ای قدری سیل به آبی بوده و دارای جلای فلزی درخشانی میباشد ولی در عوض بسیار شکننده و در باورهای

هکساگونال متبلور میگردد. و قتیکه از حالت مایع گداخته بتدریج زیر يك لایه از سرباره سرد میگردد، سطح منجمد شده آن از بلورهای درشت و بزرگ که شباهت زیادی به برگ درخت سرخس دارند تشکیل میگردد و بآن ستارذاتی موان میگویند. ۲- انتیموان قابل انفجار - این نوع انتیموان از تجزیه الکتریکی در محلول کلورید و برم بدست میاید و اگر هر اینه مقداری از آن را در يك هاون بکوبند شدیداً منفجر میگردد و گرمای زیادی پس میدهد. این نوع انتیموان پایدار نبوده و بسهولت بصورت انتیموان فلزی پایدار تغییر حالت میدهد.

۳- انتیموان سیاه - این نوع بی شکل (امورف) انتیموان بوده که در موقع سرد شدن بخارات و غبارات آن حاصل میشود. حساسیت و تأثیرات شیمیائی آن بمراتب بیش از انتیموان فلزی میباشد و در گرمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به انتیموان معمولی تغییر حالت میدهد.

۴- انتیموان زرد - ناپایدارترین حالتیهای مختلف انتیموان نوع زرد آن بوده که شباهت به فسفر سفید و آرسنیک زرد دارد و از آمیزش شیمیائی اکسیژن و هیدرات الومی نیم در ۹۰ درجه سانتی گراد بوجود میاید. نوع نامبرده فقط از نقطه نظر بررسیهای علمی و شیمیائی مفید بوده و هیچگونه مورد استعمال صنعتی ندارد.

خواص فیزیکی و شیمیائی - انتیموان فلزی است مانند نقره سفید ولی خیلی شکننده و بسهولت بصورت گرد درمیاید. وزن مخصوص آن ۶/۵ و در ۶۳۰ درجه سانتی گراد گداخته شده و در ۱۲۳۰ درجه بقلیان درمیاید. همیشه بشکل هم بسته با فلزاتی مانند سرب؛ قلع و مس بکار میرود و نوع خالص آن فقط برای بررسی و تفحصات علمی در آزمایشگاه مورد استعمال پیدا میکند.

علامت شیمیائی آن (Sb)، بوزن اتمی ۱۲۰/۲ و يك عنصر ۳ والانس میباشد. در اغلب خواص شیمیائی شباهت زیادی به آرسنیک دارد و نزدیک به فلزات دسته روی و ژرمانیوم میباشد. در گرمای معمولی اکسیده گشته و اگر درجه گرما بالا رود بسهولت به تری اکسید (Sb_2O_3) مبدل میگردد. اکسیدهای فلزی که با سانی اکسیژن خود را از دست میدهند مانند MnO_2 و PbO_2 ، انتیموان را اکسیده کرده و تبدیل به (Sb_2O_3)

مینمایند. جوهر گوگرد رقیق چندان اثری به انتیموان ندارد ولی نوع غلیظ و قوی آن آنرا بصورت سولفات درمیآورد. جوهر نمک فقط میتواند انتیموان گرد را حل کند، ولی جوهر شوره غلیظ تولید تری اکسید (Sb_2O_3) میکند. تیزاب سلطانی بهترین محلول انتیموان بشمار میرود زیرا آنرا تبدیل به بنتاکلرور انتیموان میکند. این عنصر با کربنات و نترات دوسود مخلوطی بوجود میآورد که در اثر روشن شدن منفجر میگردد.

ترکیبات بازرگانی انتیموان :-

۱- سفیداب انتیموان- یا تری اکسید انتیموان که بشکل گرد سفید بسیار نرمی درمیآید. از مجاری و منافذ دود کش کوره هائیکه در آنها مواد اولیه انتیموان که بشکل گداخته میشوند بدست میآید و در صنعت بشکل ماده اصلی رنگها یعنی (Pigment) زیاد بکار میرود.

۲- انتیموان سیاه - انتیموان فلزی که از طریق تجزیه الکتریکی و الکترولیز املاح انتیموان حاصل میشود بصورت رسوب سیاه رنگی میباشد؛ این نیز در صنایع رنگت بکار میرود.

۳- انتیموان سرخ (شنگرف)- تری سولفور سرخ انتیموان (Sb_2S_3) است که از رسوب دادن املاح انتیموان بوسیله (H_2S) بوجود میآید و بشکل ماده اصلی رنگت در صنعت رنگ سازی بکار میرود. خواص این جسم از سرنج (Pb_3O_4) و کرمات سرب و حتی مرکور و ژهم بهتر است.

۴- انتیموان زرد - این ماده از اکسیداسیون تدریجی و بطی سولفور انتیموان نتیجه میشود و اگر آنرا با سرنج و سفیداب روی (ZnO) مخلوط نمایند میتوان انواع مختلف رنگهای زرد را ساخت.

۵- انتیموان آبی - انتیموان آبی یا بنفش از مخلوط نمودن انتیموان های بالا با ترکیبات معدنی دیگر بدست میآید.

مواد اولیه انتیموان

مهمترین سنگ معدنی انتیموان سولفوران میباشد که در اصطلاح کانی شناسی

به استیبین یا استیب نایت (Stibnite) و بفورمول (S_2S_3) معروف می باشد و کلیه محصول انتیموان دنیا از این ماده طبیعی استخراج می گردد. مهمترین طرق استخراج این فلز از مواد اولیه روش خشک و آتشین است، اگر چه طرق «تر» و شیمیائی و حتی الکتریکی تا درجه ای در فرانسه و ایالات متحده امریکائی عملی شده ولی بجهاتی عمومیت پیدا نکرده و همه جا معمول نمی باشند.

اصولا سولفور معدنی انتیموان که محتوی فلزی آن زیاد است به «انتیموان خام» و انتیموان فلزی تصفیه شده را به «رگولاس» (Regulus) مینامند. در حقیقت واژه رگولاس باید برای انتیموان ناخالص و مات آن بکار برده شود ولی در بورس فلزات و نزد بازرگانان این واژه فعلا به انتیموان تصفیه شده اطلاق می گردد. رگولاس که بمعنی «شاه کوچک» است از این لحاظ با انتیموان داده شده که میتواند اثرات عجیبی در طالا بوجود آورد. یعنی اگر بمقدار یک ده هزارم در طالا موجود باشد اغلب خواص میکانیکی آنرا از بین میبرد و طالا را از ارزش فنی و مادی میاندازد.

طرق و مراحل مختلف استخراج انتیموان

- ۱- تهیه مواد اولیه بمنظور بدست آوردن انتیموان فلزی :
 الف) گداختن (لیکواسیون) انتیموان «خام» ۱- در بوته ۲- در لوله .
 ۳- در کوره های شعله ای .
 ب) تهیه تترا اکسید (Sb_3O_4) پایدار انتیموان در کوره های شعله
 ج) تهیه تری اکسید (Sb_2O_3) فرار (ناپایدار) بطرق هرن اشمیت و شاتیمیون و غیره .
 ۲- طرق استخراج انتیموان فلزی .
 د) احیاء نمودن اکسیدهای تترا و یا تری (چهار گانه یا سه گانه) در کوره شعله یا کوره واترژاکت و یا در بوته .
 ه) استخراج بوسیله گداز مستقیم مواد اولیه معدنی در کوره شعله یا واترژاکت
 ۳- تصفیه انتیموان ناخالص در بوته و یا در کوره شعله مخصوص .
 اینک بشرح هریک از مراحل میپردازیم .

۱ - الف آب کردن (لیکواسیون) انتیموان خام.

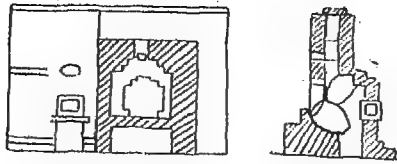
اولین طریقه و مرحله استخراج انتیموان فلزی از مواد اولیه تحصیل انتیموان «خام» بطریقه ساده لیکواسیون (Liquation) میباشد و بدین لحاظ سنگهای معدنی انتیموان که محتوی (Sb_2S_3) آنها در حدود ۹۰٪ است به انتیموان «خام» نامیده شده اند، ولی سنگهای معدنی که محتوی (Sb_2S_3) آنها کمتر از ۶۰٪ ولی بیش از ۴۵٪ است از طریقه لیکواسیون مبدل به انتیموان «خام» میگرددند.

مواد اولیه را ابتداء خورد کرده و باندازه گرد و ، نه بزرگتر و نه کوچکتر در میآورند زیرا در صورت بزرگتر درجه گرمای عملیات کافی نمیشود که کاملاً بدرون آنها نفوذ کند و در صورت کوچکتر ، دانه ها بهم نزدیک تر بوده و بهم میچسبند و مانع ادامه عملیات میگرددند. درجه گرمای مناسب برای لیکواسیون باید در حدود گرمای سرخ یعنی ۴۰۰ - ۴۵۰ درجه سانتیگراد باشد و از این حد نباید تجاوز کند و اگر نه مقداری از سولفور انتیموان تبخیر شده و از بین میرود .

در کشور چین که مهمترین تولیدکننده انتیموان میباشد ، عمل لیکواسیون را در بوته های مختلف انجام داده و بوته ها را یا مستقیماً روی آتش میگذارند و یا اینکه بوسیله شعله آنها را گرم میکنند .

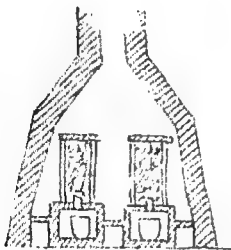
آب کردن انتیموان «خام» در بوته ها بطور متناوب؛ و در لوله های مخصوص و کوره های شعله بطور دائم و مستمر انجام میگردد .

لیکواسیون متناوب در بوته عملی است بسیار ساده و خیلی قدیمی و اغلب در محل استخراج مواد اولیه از قشر زمین یعنی در سر معدن عمل میشود؛ مخصوصاً اگر سوخت ارزان و کافی در دسترس باشد. معمولاً يك اجاق ساده ساخته و دو بوته که روی یکدیگر قرار گرفته اند در شکل (۲۱۷) دیده میشود و در روی اجاق میگذارند. در بوته اولی مقداری انتیموان غنی گذارده و آنرا روی بوته دومی میگذارند و متدرجاً گرمای کوره را زیاد کرده تا انتیموان فلزی قطره قطره در بوته دومی جمع گردد. معمولاً بوته ها را در ردیف ۲۰-۳۰ عددی در کوره های همجوار میسازند و با هر يك بطور

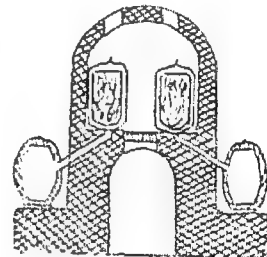


(شکل ۲۱۷) لیکواسیون در بوته بطرزیکه در کشور چین معمول است

متناوب کار میکنند. بوته فوقانی که در آن مواد اولیه جای میگیرد و از گل نسوز ساخته شده بظرفیت ۵-۱۵ کیلو گرام بوده و بوته دومی که همیشه داخل اجاق کوره و روی خاکستر میماند، از گل خاک رس مانند گل کوزه گری ساخته شده است مدت لازم برای گداز بار در هر بوته بر حسب وضعیت از ۳-۱۰ ساعت تغییر میکند. پس از خاتمه عملیات، محتویات هر دو بوته را خالی کرده و بوته فوقانی را اگر سالم باشد مجدداً بار میکنند. عادتاً در حدود ۱۲٪ بار پس میماند که از آن بعداً اکسید سفید انتیموان میسازند. برای اینکه بازده زیادتر شود و از مصرف سوخت کم گردد بوته های دومی را که در آنها انتیموان فلزی جمع میشود در خارج کوره طبق شکل زیر قرار میدهند. یکی از مزایای این طرز لیکواسیون این است که میتوان هر آن محتویات بوته های خارج را خالی کرد.



(شکل ۲۱۹) لیکواسیون در لوله های چدنی بطور دائم



(شکل ۲۱۸) لیکواسیون بطرز جدید

طریقه لیکواسیون دائم - برای اینکه عمل آب کردن انتیموان خام و جمع کردن آن در بوته ها بصورت دائم انجام گیرد، بوته ها را مبدل به لوله های چدنی کرده و در کوره مخصوصی که در شکل (۲۱۹) ملاحظه میگردد قرار میدهند. لوله های چدنی کم و بیش استوانه شکل و بطول ۹۰٪ متر و قسمت دهانه آن بقطر ۲۵ و قسمت قاعده ۱۸ سانتیمتر است. کلفتی لوله ها در حدود ۲ سانتیمتر و در

کف آنها منفذی تعبیه شده که اذرون آن ممکن است مواد باقیمانده و عمل نشده را اخراج کرد. بلافاصله زیر لوله ها و درزیر اجاق بوتلهائی کار گذارده شده که در آنها انتیموان فلزی جمع میگردد و همینکه پر شدند بیرون آورده و در ظرف دیگری جمع میکنند.

مقدار بار در هر لوله در حدود ۲۵۰ کیلو گرام سولفور انتیموان معدنی است، و مدت لازم برای آب کردن و لیکواسیون بین ۳-۴ ساعت میباشد. در این طریقه بیش از ۵۰٪ از مواد، گداخته نمیگردند و باید بقیه را بیرون آورد و بمصرف ساختن انتیموان سفید رسانید.

۱- ب) تهیه تترا اکسید ثابت و پایدار - در استخراج انتیموان از مواد اولیه، انتخاب یک طریقه به خصوص بستگی بانوع و درجه خلوص مواد معدنی دارد و قسمت معظم انتیموان که امروز در دسترس صنایع گذارده میشود از تهیه تترا اکسید (Sb_3O_4) و احیاء بعدی آن به انتیموان فلزی تولید میگردد؛ زیرا اغلب مواد اولیه انتیموان از نوع فقیر بوده و محتوی سولفور آنها کمتر از ۰/۶۰٪ میباشد لذا نمیتوان در همه جا طریقه لیکواسیون را بکار برد.

از تشویه اکسید کننده سولفور انتیموان، نسبت به درجه گرمای تشویه و مقدار هوا دو محصول مختلف حاصل میشوند که اولی عبارت است از تری اکسید (Sb_2O_3) فرار و دومی تترا اکسید (Sb_3O_4) ثابت و پایدار. فعل و انفعالاتیکه در حین تشویه وقوع مییابند از این قرارند: اگر گرمای تشویه از ۳۵۰ درجه سانتیگراد تجاوز کند تری اکسید ترکیب میشود و اندرید سولفور و متصاعد میگردد.



قسمتی از تری اکسید در مجاورت هوا، اکسیژن زیاد تری بخود گرفته و مبدل به بنتا اکسید (Sb_2O_5) میگردد و اکسید اخیر با تری اکسید اولی در آمیزش شیمیائی در آمده و تترا اکسید بوجود میاید. اگر اکسید و سولفورهای فلزات دیگر به همراه سولفور انتیموان باشند تمام آنها تغییر حالت به ترکیبات انتیمونات میدهند؛ در صورتیکه باید طبق

معمول مبدل بسولفات شوند. شرایط اصلی بوجود آمدن تترا اکسید ثابت عبارتند از: ۱- گرمای ۳۵۰ درجه. ۲- هوای کافی. ۳- بهم زدن ممتد مواد اولیه؛ زیرا در غیر این صورت فقط مقداری از سولفور انتیموان مبدل به تری اکسید فرار گشته و آن قسمت که در محتوی سولفور غنی بوده گداخته شده و در نتیجه مخلوط ناهمگن و ناهنجاری بوجود می آید. البته هر قدر سنگ معدنی غنی تر باشد تشویه مشکل تر خواهد بود. اگر عمل تشویه بطور رضایت بخشی انجام شده باشد، رنگت تترا اکسید در داخل کوره قرمز و در خارج خاکستری می باشد. این عمل معمولاً در کوره های شعله تشویه که مجهز بدستگاه تقطیر نیز می باشد انجام می گیرد.

۱- ج) تهیه تری اکسید فرار - در تشویه سولفور انتیموان، اگر تری اکسید (Sb_2O_3) فرار مورد تقاضا باشد، گرما را از ۳۵۰ درجه بالا برده و از مقدار هوا کم می کنند. با اینکه در کوره تشویه در حین عمل مقداری بخار آب خیمایی گرم تزریق می کنند تا آیدروژن بخار آب با گوگرد سولفور انتیموان، تولید (H_2S) نموده و اکسیژن با انتیموان بترکیب (Sb_2O_3) در آید. نظار باینکه در این طریق مزایای بیشتری موجود است لذا در فرانسه و چین بسیار معمول گردیده و مزایای آن از این قرار است.

الف) چون در این طریق اکسیدار سنیك زودتر متصاعد می گردد لذا تری اکسید وجود نخواهد داشت.

ب) اگر در مواد اولیه انتیموان، فلزات قیمتی از قبیل طلا و نقره موجود باشند همچنان در ته مانده تا بعداً استخراج شوند.

ج) مناسب ترین و بهترین طریق اینست که در استخراج مواد اولیه فقیر و کم عیار وضع گردیده.

د) تقطیر انتیموان در دستگاه تقطیر بخوبی و بسهوات انجام می گیرد و افت آن کم است.

ه) مصرف سوخت بسیار ناچیز است، زیرا میتوان در آن واحد از احتراق گوگرد استفاده نمود.

و) تری اکسید تقطیر شده را میتوان در همان حالت بصورت سفیداب انتی موان بفروش رسانید و در صورت لزوم مبدل به فلز نمود. این طریقه در کشور فرانسه بوسیله دانشمندی موسوم به «هرن اشمیت» (Herren Schmidt) کامل گردید و امروز بهترین و عملی ترین طریقه استخراج انتی موان از مواد فقیر بشمار میرود.

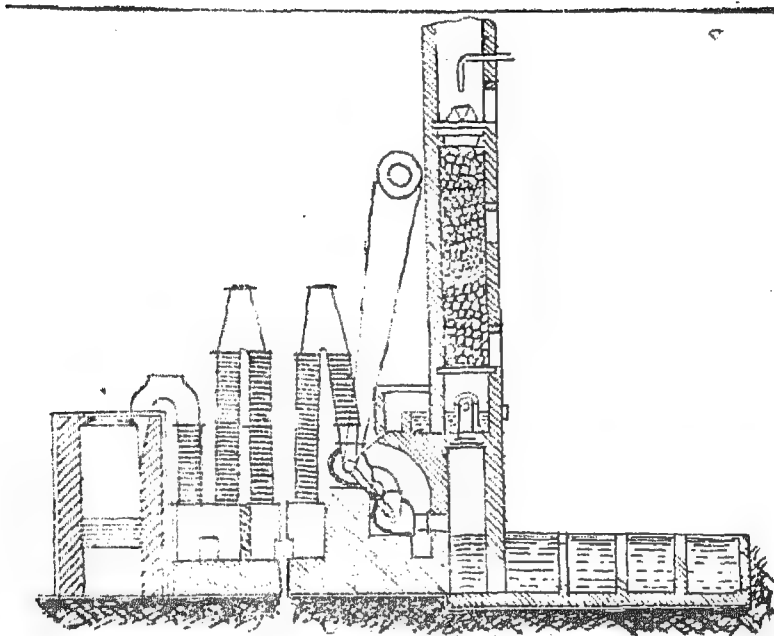
طریقه هرن اشمیت - این طریقه در فرانسه در سال ۱۸۸۱ میلادی بوسیله مکتشف نامبرده برای استخراج انتی موان مورد استفاده قرار گرفت و امروز بیشتر در استخراج مواد اولیه ای بکار میرود که محتوی سولفور آنها از ۱۵ - ۲۵٪ بیشتر نباشد.

شرح عمل - مواد اولیه را ابتداء خورد کرده و با ۴-۸٪ وزن آنها زغال چوب مخلوط نموده و بداخل کوره تشویه شعله که مجهز بدستگاه تقطیر شکل (۲۲۰) میباشد میریزند. سپس حرارت را بتدریج بالا برده تا اینکه سولفور تبدیل به تری اکسید فرار گشته و متصاعد گردد. البته بخارات تری اکسید داخل لوله های تقطیر که بشکل عدد (۸) ساخته شده اند شده و در حین عبور از مسیر زیگزاگی سرد شده و در سطوح درونی لوله هامی نشینند. یا اینکه در اطاقهای تقطیر که بلافاصله زیر این لوله ها قرار گرفته اند ته نشین میشوند. پس از خامه عمل، درب اطاقها را باز کرده و ذرات (Sh_2O_3) که بشکل غبارات در آمده اند جمع نموده و مواد خاکی و عمل شده کوره را بیرون آورده و مجدداً کوره را بار میدهند.

اگر مواد اولیه انتی موان بصورت خاکه و نرمه باشند، میتوان آنها را با ۷-۸٪ وزن خود گل رس مخلوط کرده و بشکل نواله در آورده و در این حالت در کوره ای تشویه نمود. اندازه گرما در کوره تشویه نباید از ۴۰۰ درجه سانتی گراد تجاوز کند.

در طریقه شاتیون (Chatillon) که در فرانسه و ایتالیا مرسوم است، دستگاه گداز از دو عدد کوره ریخته گری کیوپولا (Cupola) که از قسمت فوقانی بهم متصل هستند و دود کش مشترکی دارند تشکیل میشود. دستگاه تقطیر و تمام عملیاتیکه در بالا ذکر شد در این کوره انجام میگردد و در نتیجه اکسید انتی موان (Sb_2O_3) بصورت گرد سفیدی بدست میاید.

۳- طریقه استخراج انتی موان فلزی - آخرین مرحله در استخراج انتی موان از مواد اولیه تحصیل انتیموان فلزی و تصفیه آن میباشد. انتی موان ناخالص و تصفیه نشده را معمولاً انتیموان « خام » میگویند و این نوع را هیچگاه در بازارهای فلزات داد و ستد نمیکنند.

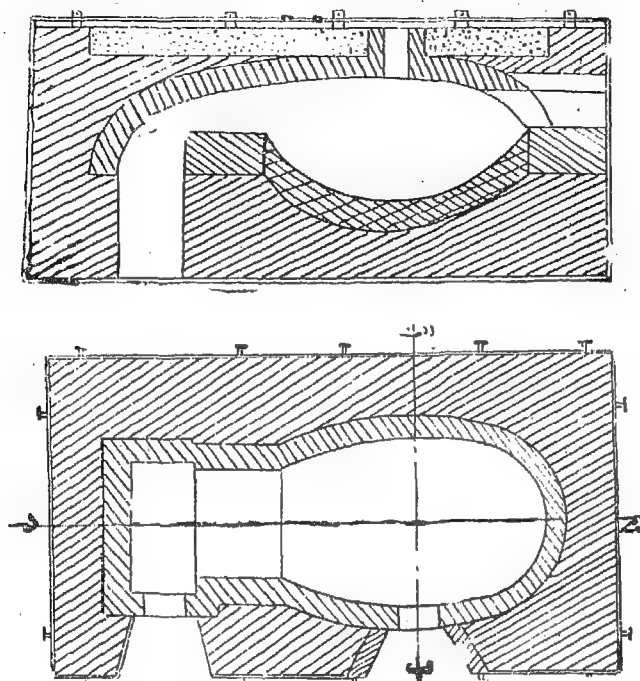


(شکل ۲۶۰) کوره هرن اشیت Herrenschildt که در گذاخی موان بکار میرود

۴- د) احیاء نمودن اکسیدهای تئراوتری انتیموان در کوره شعله

احیاء نمودن اکسیدهای انتیموان در کوره شعله عملی بسیار ساده میباشد ولی ناگفته نماند که افت آن نسبتاً زیاد و در حدود ۳۰-۴۰٪ میباشد و بدین جهت فقط مناسب موادی است که عیار فلزی آنها زیاد است و بعلاوه سوخت فراوان و ارزانی نیز موجود باشد. کوره های شعله ای که بدین منظور در فرانسه - اتریش و ایالات متحده امریکا (نیوجرسی) متد اول گردیده دارای ابعاد ذیل میباشد. اتاق گداز بشکل تخم مرغی بطول ۳ متر و به گودی ۱/۵ متر عرض آن نزدیک پل آتش در حدود ۱ متر میباشد. دود کش کوره متصل به یک اتاق تقطیر بوده زیرا تقریباً ۱۰۰٪ محصول گداز از اتاقهای تقطیر

بدست میآید. بار کوره عبارت است از ۲۲۵ کیلو گرام مواد تشویه شده و باقیمانده‌های کوره لیمکواسیون باضافه ۴۵ کیلو گرام مواد گداز آور (نمک طعام و کربنات دوسود)



(شکل ۲۲۱) برش قائم و افقی کوره شعله تصفیه انتی موان

گاهی اوقات ممکن است سولفات دوسود نیز بکار رود. ابتدا مواد گداز آور را در کوره گداخته و بعداً مقادیر ۲۰ کیلوئی از اکسید های انتیموان در هر ۱۵ - ۲۰ دقیقه بکوره میدهند تا بتدریج ذوب گردد. پس از اینکه کلیه بار در کوره گداخته شد آنرا بهم زده و ناخالصیها بشکل کف روی فلز گداخته ایستاده تا بتوان مقداری از آنها را بر طرف نمود. بمنظور مواد کمک ذوب مقدار ۲۵ کیلو گرام زغال چوب نیز میکندارند زیرا زغال چوب بعنوان ماده احیاء کننده عمل میکند؛ یعنی اکسیژن اکسید انتیموان را بخود میگیرد و نیز مقداری کربنات دوسود با گوگرد سولفور انتیموان در ترکیب در میآیند و بقیه به سر باره میروند. اگر فلزات دیگری بشکل ناخالصی موجود باشند باز

بصورت سولفور سرباره برده میشوند ، زیرا سولفور سدیم که از احیاء شدن سولفات دوسود بدست میآید ناخالصیها را بشکل سولفور به سرباره میدهد . وظیفه نمک طعام هم این است ؛ یعنی بعضی از ناخالصیهای موجود را بصورت کلرور درآورده و سرباره بفرستد . مصرف سوخت در حدود ۱۵ - ۱۶٪ وزن بار بوده و اگر در محتویات بار سولفور انتیموان موجود باشد باید مقداری آهن یا سرباره آهن دار با آن مخلوط کرد تا اینکه سولفور انتیموان را احیاء نماید . پس از اینکه در فرورفتگی کوره مقداری فلز انتیموان جمع گردید منفذ خروجی کوره را باز کرده و انتیموان فلز را خارج نموده و در قالب های مخصوصی سرد میکنند . در حین سرد کردن باید مواظبت نمود که سطح فلز ذوب شده از یک طبقه نازک سرباره پوشیده باشد تا اینکه سطح زیرین متبلور گردد و باور های برك سرخس را تشکیل دهد .

۴- ه) احیاء اکسید ها در کوره و اثر ژاکت - چندی است که در کشور مکزیک و ایالت کالیفرنیا معمول شده که سنگهای معدنی انتیموان را در کوره بلند ذوب نمایند و طرز عمل و تهیه بار کوره عیناً مانند مواد معدنی دیگر از قبیل سرب و مس که در کوره های بلند گداخته میشوند میباشد . جهت اینکار مواد معدنی انتیموان تشویه شده و غبارات و دوده های که از درون اطاقهای تقطیر و دودکش ها گرفته شده و بشکل بریکت در آمده اند با مقداری سولفور انتیموان تشویه نشده و خام و سرباره های سیلیس دار مخلوط نموده و یک باری تشکیل داده و در کوره بلند و اثر ژاکت میگدازند . محصول این کوره ها خیلی خوب و بازده آنها در حدود ۸۰٪ است .

سوخت کوره کک و سنک آهک بعنوان ماده گداز آور استعمال میشود . محصول کوره انتیموان خام و ناخالصی است که در حدود ۷۰٪ آهن و ۲۰٪ گوگرد دارد و چون در این حالت قابل فروش نیست لذا آنرا در کوره شعاعی بوسیله اضافه نمودن مقداری مواد گداز آور قلیائی تصفیه نموده و انتیموان خالص محتوی ۹۹/۶٪ (Sb) بدست میآید تصفیه انتیموان - انتیموان فلزی که از طرق بالا بدست میآید ، اغلب محتوی مقداری ناخالصی از قبیل گوگرد - آهن - آرسنیک - مس و سرب میباشد ؛ زیرا عناصر نامبرده اغلب در مواد اولیه انتیموان کم بیش وجود دارند . عمل تصفیه در

يك كوره شعله‌ای لوچك بظرفيت ۲-۱ تن صورت ميگيرد . بار كوره از انتيموان «خام» تصفيه نشد و مقداری كربنات دوسود يا پتاسيم و سولفات دوسود و زغال چوب يا خاكه كك تشكيل شده است، زیرا اين املاح گداز آور اولاً گوگرد را از بين برده و ارسنيك را تبديل به ارسنات دوسود يا پتاسيم مينمايند .

مس و آهن را نيز بوسيله همين املاح بسر باره ميفرستند و لسی اگر مقدار سرب زياد باشد بهتر است آنرا باقي گذاشت و انتيموان سرب دار بدست آورد . انتيموان تصفيه شده در حدود ۹۹/۶ - ۹۹/۹ Sb % خواهد داشت

در بورس فلزات چنين معمول گشته كه خلوص انتيموان را از روی درشتی بلور های شبيه به برگ سرخس كه روی سطح شمش هویدا است قضاوت نمايند . باین نقش سطحی «ستاره» انتيموان ميگویند. در حقيقت وجود يا عدم اين نقش سطحی دلالت بر درجه خلوص نميكند ، زیرا متبلور شدن سطح ظاهری شمش انتيموان در اثر سرد شدن تدريجی ميباشد كه و در زیر يك لایه از موادى كه درجه گداز آن پائين تر از درجه گداز انتيموان (۶۳۰) است صورت ميگيرد و قتيكه انتيموان مقداری ناخالصی مانند گوگرد - ارسنيك - سرب و آهن داشته باشد سطح انتيموان منجمد شده وجود اين ناخالصیهای درونی را بوسيله لكه‌هائی افشاء نموده و در نتیجه شكل و اندازه بلورهای متشكله كامل نخواهند بود . حال برای اينكه سطح ظاهری شمش های انتيموان بلور های بزرگ و قشنگی نشان دهند مخلوطهای مختلفی وضع گردید و هر شركت توليد كننده يك نوع مخلوطی بكار ميبرد . مخلوطيكه در كشور چين معمول است موسوم به مخلوط Pao Tai بوده و عبارتست از ۱۵ قسمت سولفور انتيموان طبعی درجه اعلا + ۲۴ قسمت تتر اكسيد + ۱۰ قسمت كربنات دوپتاس + ۱ قسمت كربنات دوسود + ۱/۴ قسمت زغال چوب خالص .

بمجرد اينكه انتيموان تصفيه شده از كوره خارج گشت و در قالب شمش ريخته شد روی سطح فلزيكه در شرف منجمد شدن ميباشد مقداری از اين مخلوط ريخته تا توليد يك قشری ضخامت ۱/۵ - ۲ ميليمتر بنمايد و در نتیجه پس از انجماد نهائی سطح شمش بلور های بزرگ سرخس را نشان دهد؛ برای مثال در جدول (۳۹) صورت تجزيه چند نوع انتيموان تصفيه شده داده شده است .

جدول (۳۹)

گوگرد	روی	آهن	مس	ارسنیک	سرب	انتیموان	
۰/۰۸۶	۰/۰۴۴	۰/۰۰۴	۰/۰۴۶	۰/۰۹۲	۰/۱۰۲	۹۹/۶-۸	انتیموان انگلیسی
۰/۲۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰۰۷	۰/۰۴۳	۰/۰۹۵	۰/۴۲۴	۹۹/۱۹۵	انتیموان ژاپنی
۰/۰۷۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۰/۰۹۰	۰/۰۲۹	۹۹/۷۶	انتیموان چینی

موارد استعمال - انتیموان فلزی هیچگاه بشکل خالص بکار نمی‌رود و همیشه بصورت همبسته و یا بصورت املاح شیمیایی در صنایع مختلف استعمال می‌شود. انتیموان با بسیاری از فلزات سنگین ترکیب شده تولید همبسته مینماید که از فلزات خالص اصلی سخت تر میباشد و در بعضی موارد پس از انجماد خاصیت انبساطی بخود می‌گیرد و از این لحاظ بهترین فلز برای چاپ و مطبعه بشمار میرود. مهمترین همبسته های انتیموان عبارتند از همبسته انتیموان با سرب و قلع که معروف به فلز چاپ میباشد.

همبسته انتیموان با قلع و مس به فلز یا تاقان یا فلز ضد اصطکاک Antifriktion Metal معروف شده است و همبسته آن با قلع و مس و مقداری روی به فلز سفید معروف میباشد. همبسته انتیموان با سرب برای پوشش درونی مخازن اسیدها زیاد بکار میرود.

انتیموان یک فلز جنگی است زیرا آنرا در گاوایه و خمپاره و وسائل تولید دود های سفید غلیظ (جهت استتار) زیاد بکار می‌برند. محصول سالیانه در ایام جنگ اوج صعودی بخود می‌گیرد و با فاصله بعد از جنگ تنزل میکند و را کد می‌ماند.

ترکیبات شیمیایی انتیموان در صنایع لاستیک سازی؛ در لعاب گیری و نقاشی؛ و روی شیشه ها و ظروف آلات مختلف زیاد بکار می‌روند. برای لعاب سازی و نقاشی روی شیشه؛ تتراکسید را با سفید آب شمش (کربنات سرب) و بوراکس مخلوط کرده و برنگ زرد در می‌آورند. برای لعاب سفید، تری اکسید را (Sb_2O_3) بجای اکسید قلع (SnO_2) استعمال میکنند. سولفور انتیموان را با مقداری باروت مخلوط کرده و گاوایه های توپ و خمپاره را پر کرده و در نتیجه نیروی انفجار آنها را زیاد میکنند. سولفور انتیموان در کبریت سازی یعنی در قسمت سیاه قوطی کبریت بکار می‌برند و برای سر چوب کبریت مخلوطی که محتوی ۳٪ سولفور است استعمال میکنند.

ممالك تولید کنند در درجه اول عبارتند از: چین - فرانسه - الجزیره - مکزیک
اتریش و مجارستان. در درجه دوم عبارتند از: بولیوی - استرالیا - برمانی - افریقای
جنوبی - ایتالیا و اسپانیا. و در درجه سوم عبارتند از: ایالات متحده امریکا - الاسکا -
کانادا - پرو - آلمان ترکیه - پرتغال - برنئو - هندوچین و ژاپون
محصولات سالیانه دنیا در حدود ۲۵۰۰۰ تن بوده که بیش از ۷۰٪ آن فقط از
کشور چین میآید و بقیه از سایر کشورها.

انتیموان ایران

از جمله معادنیکه بوسیله دایره اکتشافات اداره کل معادن سابق معلوم گردید ،
معادن انتیموان کوه شور آب در ۷۰ کیلو متری فردوس از نواحی استان نهم (خراسان)
و معدن سیر زال در ۱۲۰ کیلو متری جنوب شرقی مشهد و معادن ترکمنی و باتیاز در
نواحی انارک بوده که در آنها مواد اولیه انتیموان بصورت سولفور آن بفورمول
(Sb_2S_3) بوجود آمده است . دو معدن اولی کاملاً قابل بهره برداری بوده و ذخایر
آنها اگرچه بطور دقیق هنوز تعیین نگردیده ولی نظر به کمیابی و اهمیت این فلز در
ایران آنچه تا بحال مکشوف شده قابل ملاحظه و شایان توجه میباشد . بمنظور اینکه
صنعت استخراج فلز انتیموان در ایران دایر گردد، اداره کل معادن سابق کورهائی
برای این منظور در محل آزمایشگاه مرکزی خود در تهران تأسیس نمود و موفق گردید
که از گداز سنگهای معدنی انتیموان ناحیه خراسان ، انتیموان فلزی ناخالص بعیار
۸۰ - ۸۵٪ Sb بدست آورد. برای ایشکار مواد معدنی سولفور را پس از استخراج از
معدن و سنگ جوری و طبقه بندی به درجات خوب و بد، آنها را با کامیون بتهران حمل
نموده و در آزمایشگاه پس از شکندن و خورد کردن و درآوردن بقطعات ۲ - ۳ سانتی
متر قطر، باری بدین ترتیب تهیه نموده و در کوره میگداختند . دستگاه گداز شامل یک
کوره شعله کوچک که متصل به چندین لوله فلزی بقطر ۳۰/۰ متر و یک دستگاه غبار گیر
میشود و شباهت بکوره هرن اشمیت (Herrn Schmidt) که ذکر آن رفت دارد .
سنگ معدنی انتیموان را که بعیار ۲۵ - ۳۵٪ (Sb_2S_3) میباشد با مقداری کربنات و سود

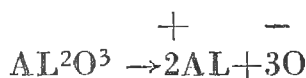
و آهن اسقاط و کهنه مخلوط کرده و در کف کوره شعله گذاشته و گرما داده تا اینکه مواد بار گداخته شده و ذوب شوند. در کوره، گوگرد سولفور انتیموان با آهن تولید سولفات آهن نموده و بعداً با کربنات دوسود ترکیب شده و سر باره را بوجود آورده و انتیموان فلز را آزاد میسازد. البته در حین عمل مقدار معتنابهی از انتیموان آزاد شده بصورت تری اکسیدفرار (Sb_2O_3) در آمده و بداخل لوله های فلزی رفته و بعداً وارد دستگاه غبار گیر که در آخر مجرای کوره قرار گرفته رفته و در آنجا بشکل گرد سفید نزدیک به آبی رنگی تقطیر میگردد. پس از چندی که مقدار کافی جمع شد آنرا جمع آوری نموده و بمصرف می رسانند. آنچه در کوره شعله بصورت فلز در میآید فلز انتیموان ناخالصی است که در حدود ۸۵ - ۸۷ (Sb) دارد. برای بدست آوردن انتیموان فلزی خالص بایستی این محصول را مجدداً تحت عملیات تصفیه قرار داد ولی این عمل انجام نمیگیرد و محصول مزبور را بهمین ترکیب و در همین حالت بفروش می رسانند. انتیموان فلزی در ایران بمصرف ساختن و ریختن فلزات چاپ در مطابع و چاپخانه ها و ساختن باییت (Babbit)، فلزیاتاقان می رسد. اکسید انتیموان در کبریت سازی بکار می رود و چون بهای تمام شده انتیموان فلزی که بوسیله دولت بدست میآید زیاد گران است لذا قسمت عمده احتیاجات انتیموانی کشور از خارجه وارد میگردد.

جای بسیار تأسف است که چرا دولت تا بحال در فکر نیافتاده که لوازمات فنی گداز را در نزدیک و حوالی خود معادن تأسیس نماید تا اینهمه مخارج و هزینه های زیادی در حمل و نقل مواد اولیه به تهران و تشریفات اداری دیگر حذف شود و بالاخره محصول ارزان تری که بتواند با آسانی با انتیموان خارجی رقابت کند در دسترس مصرف کنندگان داخلی گذاشته و حتی سعی در صادرات آن به خارج کشور شود.

فصل بیست و هشتم آلومینیم و ماگنیزیم

تاریخچه - با وجودیکه عنصر آلومینیم در سنگهای قشر زمین بسیار زیاد و از حیث وفور بعد از اکسیژن و سیلیسیم میآید و در برابر عنصر آهن میباشد ولی استخراج آن از مواد اولیه و بدست آوردن آن بصورت فلز در اواسط سده نوزدهم میلادی انجام گرفت. برای اولین بار اوستد (Oersted) در ۱۸۲۵ میلادی توانست این عنصر را از نمک کلرور آلومینیم بوسیله معلقه پتاسیم آزاد سازد؛ ولی اکتشاف آلومینیم فلزی مرسوم بزحمات و آزمایشهای دانشمندان آلمانی، ووهلر (Wohler) میباشد؛ زیرا وی توانست مقدار کمی آلومینیم فلز را از نمک کلرور آن آزاد سازد. اما تمدن امروزی بشر نیز مرسوم به خدمات، گرانبهای دانشمندان سوئی، سنت کلر دوویل St. Claire Deville میباشد، زیرا وی در سالهای ۱۸۴۵-۱۸۵۰ میلادی موفق گردید اصول و شالوده استخراج آلومینیم را از نمک آن کلرور آلومینیم بوسیله پتاسیم بریزد و در نتیجه مقدار کافی از این فلز بدست آورد. متأسفانه طریقه مشارالیه برای استخراج این فلز در کمیت های زیاد چندان مقرون بصرفه و اقتصاد نبوده تا اینکه در سالهای ۱۸۸۶-۱۸۸۷ میلادی طریقه هال هرولت (Hall - Heroult) وارد میدان شده و در مدت بسیار کمی کلیه طرق موجود را تحت الشعاع قرارداد و یگانه طریقه اصلی بشمار رفت.

در سال ۱۸۸۶ میلادی مستر هال (Hall) در ایالات متحده امریکا و مسیو هرولت (Heroult) در فرانسه، هر یک جداگانه و مستقلاً آزمایشهایی برای بدست آوردن آلومینیم فلزی بعمل آورده و بالاخره هر دو موفق گردیدند که اکسید آلومینیم (Al_2O_3) را در مایع فلورور آلومینیم و فلزات دیگر حل نموده و در نتیجه یک محلول الکترولیتی بدست آورده که در اثر عبور جریان الکتریسته، آلومینیم از اکسید تجزیه و جدا شده و روی کاتود رسوب نماید



پس از محرز شدن و برقرار یافتن طریقه هال-هرولت ، اولین تأثیر آن در تنزل بهای آلومینیم فلزی مشاهده گردید، زیرا بهای آن از کیلوئی ۲۰ دلار به ۷۰ سنت دفعتهاً سقوط کرد و این تنزل فاحش سبب گردید، که استعمال این فلز نوظهور در صنایع فلزات بسط و توسعه عظیمی پیدا کند. اولین اهمیت آن در نقل و انتقال جریان الکتریسته محسوس گردید و در این زمینه رقیب بزرگ فلز مس شد؛ زیرا پس از آزمایشهای زیاد معلوم گردید که خاصیت هدایت الکتریکی آلومینیم بر حسب جرم ولی نه حجم دو برابر مس میباشد. بعداً خاصیت خورده نشدن و زنگ ناپذیری آن استعمال فلز مزبور در ساختن ظروف آلات غذا خوری و آشپزی بسیار معمول و متداول نمود. در خلال مدت جنگ عالمگیر اول، وزن مخصوص کم، توام با استحکام و استقامت آن، موارد استعمال زیاد و متنوعی در ساختن اشیاء فلزی که بایستی هر دو خواص مزبور را دارا باشند بسرعت عظیم و روزافزونی زیاد نمود؛ زیرا آلومینیم و همبسته های آن در بسیاری از صنایع و وسایل حمل و نقل، راه آهن و اتوموبیل و هواپیما موارد استفاده شایان و براهمیتی پیدا کرده و رفته رفته رقیب بزرگ آهن و فولاد و حتی در بعضی جاها رقیب فولاد ویژه گردید. فعلاً بیش از $\frac{1}{3}$ کلیه محصول آلومینیم دنیا بصورت همبسته (الیاژ) و فقط $\frac{1}{3}$ محصول بصورت آلومینیم خالص بازرگانی استعمال میشود.

خواص فیزیکی و مکانیکی - آلومینیم فلزیست سفید رنگت میایل بآبی؛ دارای جلالی فلزی و در $65/7$ درجه سانتیگراد گداخته شده و در 1800 درجه بقلایان درمیآید. وزن مخصوص آن $2/7$ و سبک ترین فلزی است که در صنایع فلزی بمقادیر زیاد بکار میرود و بسط و توسعه آن در صنایع تا اندازه مرهون باین خاصیت میباشد. در سنگینی، آلومینیم $\frac{2}{3}$ مس (مس $8/9$) و $\frac{1}{3}$ آهن (آهن $7/8$) دو فلز رقیب خود، میباشد. آلومینیم تنها سبک نبوده و خاصیت استحکام و استقامت خوبی دارد و باداشتن این دو خاصیت مهم وضعیت بخصوصی را در بین فلزات صنعتی دارا میباشد. نیروی کشش آلومینیم ریخته شده بین $270-910$ کیلو گرام در سانتیمتر مربع و در سیم آلومینیم 1750 کیلو گرام در سانتیمتر مربع میباشد. این مقدار با 2500 کیلو گرام در سانتیمتر مربع سیم مسی و 4900 کیلو گرام سیم فولادی تا اندازه قابل مقایسه میباشد. در اشیاء فلزی که

سبکی وزن و استقامت و استحکام مورد نظر است مثلاً در ساختن وسایط نقلیه و اشیائی که در حین نقل و انتقال باید متحمل وزن فطری و ذاتی خود گردند، الومینیم از بهترین فلزات میباشد و گوی سبقت را از مس و فولاد برده است.

از نقطه نظر هدایت جریان الکتریسته، از جهاتی الومینیم بهتر و مفیدتر از مس میباشد و از این لحاظ استعمال آن بشکل کابلهای فشار قوی، بیش از مس معمول گردیده است. از نقطه نظر هدایت گرما تقریباً ۵ برابر آهن ولی نصف مس است و از این جهت در ساختن ظروف آلات و ادوات غذاخوری و آشپزی بسیار متداول گردیده است.

از طرفی دیگر الومینیم در برابر اثرات اسیدها و عوامل جوی مقاومت خوبی نشان داده و در این خاصیت نیز برتری نورجیان بمس و فولاد دارد. بغير از اسید کلریدریک و فلوریدریک و بعضی قلیائیه، الومینیم در بسیاری از اسیدها خیلی بکندی و متدرجاً حل میشود. مقاومت آن در برابر اثرات عوامل جوی از این لحاظ است که روی سطوح اشیاء الومینیمی یک غشاء نازک اکسید الومینیم (Al_2O_3) و یا هیدرات آن $Al(OH)_3$ ظاهر میگردد که جلوگیری از نفوذ و سرایت اثرات مواد خوردنده در داخل توده فلز میکند و مانند غشاء حافظی میباشد.

الومینیم، فلز نرمی بوده و درجه سختی آن بین قلع و روی قرار گرفته است، ولی در اثر کار سرد و نورد، الومینیم سخت شده و درجه سختی آن بر حسب برنیل بین عدد ۲۵-۴۰ میباشد.

همبسته نمودن الومینیم با عناصر فلزی دیگر به سختی آن میافزاید و درجه سختی آنها بین ۵۰-۹۰ عدد برنیل میشود. سختی دور الومین که یکی از مهمترین همبسته های الومینیم بشمار میرود در حالت باز پخت شده ۱۰۰ و در حالت نورد شده به ۱۳۰ عدد برنیل میرسد. در خواص چکش خواری؛ تورق و مفتول شدن، فلز نامبرده درجات اعلا را حائز است و از این جهت میتوان چه از الومینیم نسبتاً خالص و چه از همبسته های آن اشیاء ریخته شده و قابل چکش خواری، و همچنین ورق و صفحه و مفتول و سیم ساخت و آنها را با شکل مختلف درآورد.

خواص شیمیائی الومینیم - از حیث خواص شیمیائی الومینیم فلزی است بسیار حساس و دارای قوه انفعال و در شرایط مساعد بسهولت و آسانی با اکسیژن - هالورن ها -

گوگرد و ازوت در ترکیب در آمده و تولید اکسید و املاح مربوطه را می نماید . با بسیاری از فلزات سنگین مانند مس - قلع - نیکل - روی - تانگستن در آمیزش شیمیائی در آمده و تشکیل همبسته داده که در خواص عمومی شباهت زیادی به الومینیم خالص دارند . الومینیم، يك دسته املاحی بوجود میآورد که در آنها دارای ۳ والانس بوده و تمام آنها از مشتقات (Al_2O_3) هستند ولی هیچکدام مسموم کننده نمیباشند . از این لحاظ میتوان بدون خطر آنها را برای ساختن ظروف غذاخوری و آشپزی بکار برد ، زیرا تولید اسید لاکتیک چندان اثری ندارد و اثرات اسید استیک هم بسیار بطئی و تدریجی است . الومینیم با کربن در آمیزش شیمیائی در آمده تولید $Al^{14}C^3$ مینماید . اکسید و کربن و ایندريد کربنیک هر دو با الومینیم در فعل و انفعال در آمده کار بور الومینیم و یا اکسید الومینیم نتیجه شده و کربن آزاد میگردد . کار بور الومینیم در آب تجزیه شده ، هیدرات الومینیم و متان حاصل میشود . با ازوت در بین گرمای $400 - 800$ درجه سانتیگراد تولید (AlN) یا نیترو الومینیم کرده که مانند کار بور در آب تجزیه شده تولید هیدرات و امونیاک میکند . زاج ها از ترکیبات شیمیائی مهم الومینیم بوده که در قشر زمین بوجود آمده و فورمول اصلی آنها عبارت است از :



اکسید اسیون الومینیم - میل ترکیبی الومینیم با اکسیژن بقدری زیاد است که اگر الومینیم بصورت گرد یا ورق های بسیار نازک باشد ، بآسانی در هوای آزاد مشتعل میشود و گاهی اوقات در شرایط مساعدی شدیداً منفجر میگردد . احیاء شدن بسیاری از اکسید های فلزی بوسیله الومینیم از روی همین میل ترکیبی این عنصر با اکسیژن است . وقتی که مقداری الومینیم بحالت گرد را با اکسید فلزی مخلوط کرده و آنرا مشتعل سازند فعل و انفعال باشدت هر چه تمام تر آغاز گشته و در نتیجه اکسید الومینیم ظاهر شده و فلز احیاء گشته و آزاد میگردد .

$$Fe_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe$$

گرمای ترکیبی اکسید آلومی نیم در حدود 27600 کالوری و یا 128700 کالوری گرام اتم میباشد . از این گرمای زیاد برای احیاء نمودن و گداختن فلزات سخت و دیرگداز استفاده میشود و بمنظور این عمل طریقه الومینو ترمی ($Aluminothermics$) معمول گردیده است .

مواد اولیه و سنگهای معدنی آلومینیم

آلومینیم یکی از فراوان ترین عناصر است که در قشر زمین موجود و در حدود ۷/۵٪ آنرا تشکیل میدهد، زیرا از مهمترین عناصر ترکیب کننده تمام سنگها و خاکها با استثنای سنگهای شنی و آهکی میباشد. این عنصر هیچگاه به حالت آزاد یافت نمیشود و بغیر از فلورور، اغلب بصورت ترکیبات اکسید شده در آمده است. اگر چه مواد اولیه آلومینیم زیاد است ولی استخراج آلومینیم فلزی فقط از یک عده مواد بخصوصی میسر میباشد؛ و موادیکه امروزه بکار میروند عبارتند از بوکسیت (Bauxite) بفورمول شیمیائی $(Al_2O_3 \cdot 2H_2O)$ و اما جسمیکه در طبیعت با اسم بوکسیت یافت و استخراج میگردد دارای ترکیبی است حد وسط بین دیاسپور (Diaspore) بفورمول $(Al_2O_3 \cdot H_2O)$ و گیبسیت (Gibbsite) بفورمول $(Al_2O_3 \cdot 3H_2O)$ ولی گاهی اوقات نزدیک اولی و گاهی نزدیک دومی میباشد.

بوکسیت همیشه بشکل خاک و بی شکل و هیچگاه در حالت متبلور و صخره دیده نشده است، بلکه اغلب بشکل دانه های نخود و تخم ماهی که از خمیره گلی احاطه شده اند در میآید. رنگ آن زرد یا قهوه و یا سرخ، بر حسب محتوی آهن تغییر میکند. اسم بوکسیت از قریه بو (Baux) در جنوب فرانسه، یعنی محلیکه برای اولین بار بوسیله مسیو برتیه (Berthier) اکتشاف گردیده اقتباس شده است.

در باره طرز پیدایش بوکسیت اختلاف نظری بین زمین شناسان وجود دارد زیرا بعضی معتقدند که بوکسیت از متلاشی و دگرگون شدن سنگ گرانیت، سی نیت، و گنایس و بازالت بوجود آمده و بعضی دیگر میگویند که این ماده از حل شدن آلومینیم و متراصب شدن آن در سنگهای آهکی بعمل آمده است، و برخی بر این عقیده اند که جسم مزبور از تغییر یافتن سنگهای آذری در محل ترکیب شده است.

بوکسیت بمقادیر زیاد و قابل استخراج در ایالات متحده امریکا، در ایالات ارکانساس - الاباما - جورجیا - و در کشورهای فرانسه - اتریش - یوگسلاوی - آلمان - مجارستان - ایتالیا - ایرلند و هندوستان موجود و بهره برداری میگردد. ترکیب شیمیائی

بوکسیت خوب و قابل استخراج عبارت است از .



رطوبت و آب ۱۲ - ۴۰٪

بر حسب ناخالصیهای موجود، بوکسیت را به سه نوع درجه بندی نموده اند.

- ۱ - بوکسیت با آهن زیاد که برنگ قرمز میباشد .
- ۲ - بوکسیت با سیلیس زیاد و آهن کم که برنگ خاکستری درآمده است .
- ۳ - بوکسیت که محتوی آهن و سیلیس آن در يك اندازه میباشد .

البته بهای این انواع بر حسب ترکیبات شیمیائی و مقدار ناخالصیهای موجود تغییر میکنند و هر قدر مواد اجنبی در آنها کمتر باشد برای استخراج آلومینیم فلزی مناسب تر خواهد بود زیرا علاوه بر استخراج آلومینیم، بوکسیت را بمصرف مواد تراشیده (سمباده) و مواد نسوز شیمیائی بکار میبرند .

برای استخراج آلومینیم فلزی، بوکسیت باید دارای چنین ترکیبی باشد



برای کارهای شیمیائی از قبیل ساختن زاج های ساختمانی و سولفات آلومینیم،

بوکسیت باید بیش از ۵۲٪ Al_2O_3 داشته باشد و اکسید آهن و سیلیس و تی تان آن حتی المقدور کم باشد و از ۳٪ تجاوز نکنند

برای مواد تراشیده (سمباده) بوکسیت باید اکسید آهن و اکسیدی تی تان کمتری

داشته باشد یعنی $50 - 55\% \text{ SiO}_2 ; 1.4 - 2\% \text{ TiO}_2 ; 1.5 - 3\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$ و همچنین برای مواد نسوز؛ ولی وجود سیلیس در این مورد اشکالی ندارد و ممکن است زیاد باشد .

۲. کریولیت (Cryolite) فورمول شیمیائی آن $(\text{Na}_3\text{AlF}_6)$ و یا

$(3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3)$ و یگانه ماده ایست که محلول الکترولیت را در حوضچه های

الکترولیز اکسید آلومینیم تشکیل داده و محلول آلومین (Al_2O_3) میباشد . کریولیت

خالص طبیعی باید محتوی $32\% \text{ Na} ; 68\% \text{ Al}$ و $54\% \text{ F}$ باشد و تنها نقطه ذوب

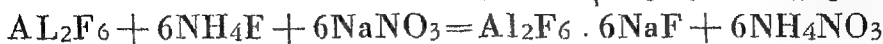
در زمین که این ماده بطور قابل استخراج یافت میشود، جنوب جزیره گرین لاند

(Greenland) میباشد که در اختیار و انحصار بازرگانی دولت دانمارک است .

نظریه گرانی بها و تضییقات انحصاری، اغلب کارخانجات استخراج آلومینیم ماده مزبور را

از عناصر اولیه اش بشکل مصنوعی ساخته و نوع ساختگی آنرا بکار میبرند .

کریولیت مصنوعی از فعل و انفعال شیمیائی بین فلور و آلومینیم و کلرور سدیم با کمک ترکیبات دیگر آلومینیم بدست میآید .



در طریقه دیگر ، هیدرات آلومینیم را در اسید فلوریدریک حل کرده و محلول را

بعداً از Na_2O_2 اشباع نموده و کریولیت ساختگی بدست میآید . و یا آنرا زالونیت

(Alunite) ماده معدنی بفورمول $(\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ و یا از

تری اکسید آلومینیم طبیعی و گاهی اوقات از خاک چینی بفورمول $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ میسازند و تعبیه میکنند .

اصول استخراج

استخراج آلومینیم از مواد اولیه در دو مرحله اصلی صورت میگیرد که

عبارتند از : ۱ - مرحله تهیه آلومین (Al_2O_3) خالص عاری از مواد اجنبی، از مواد اولیه طبیعی آن .

۲ - مرحله تجزیه الکتریکی در محلول الکترولیت کریولیت بوسیله جریان برق .

اکسید آلومینیم را نمیتوان مانند اکسید های فلزی دیگر از قبیل آهن و مس و سرب بوسیله کربن احیا نمود و در کوره های بلند یا شعله گداخت و بصورت مایع گداخته درآورد ؛ زیرا در گرما و شرایط شیمیائی که در یک چنین عمل احیائی حکم فرما است، آلومینیم احیا شده ، متصاعد گشته و فرار میکند و یا مجدداً اکسید می گردد و

به حالت اولیه رجعت میکند . و یا اینکه با اکسید دو کربن و انیدرید کربنیک ترکیب شده تولید کاربور آلومینیم (AlC) و یا اکسید آلومینیم میکند ؛ بنا بر این استخراج

آلومینیم بر روی اصول الکترولیز و هیدروالکتر و متالورژی بر قرار گردیده است .

البته الکتریسیته لازمه را باید از نیروی آب بدست آورد و بدین لحاظ اغلب کارخانجات

استخراج آلومینیم نزدیک آبشار های طبیعی و نقاطیکه ممکن است الکتریسیته را

بوسیله سقوط آب تولید نمود ساخته شده اند ؛ برای استخراج آلومینیم لازم است

تری اکسید آنرا Al_2O_3 بطور خالص تهیه نمود ، زیرا بطوریکه گفته شد ، بوسیله

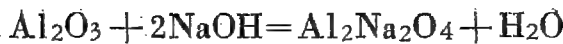
محتوی مقادیر مختلفی اکسید آهن - سیلیس - اکسید تی تان و ناخالصیهایی دیگر میباشد که در موقع استخراج و الکترولیز نباید موجود باشند و اگر نه همان عناصر ناخالص احیاء شده و بداخل آلومینیم فلزی رفته و آنرا از حیز انتفاع ساقط میسازند .

یکی از اشکالات بزرگ الکترولیز آلومین در این است که وقتی آلومینیم فلزی بدست آمد دیگر نمیتوان بوسیله تصفیه ناخالصیهایی موجود در آنرا بر طرف ساخت ، زیرا آلومینیم فلزی را نمیتوان مانند مس و سرب و قلع و فلزات دیگر پس از استخراج تصفیه نمود ؛ از این جهت مواد اولیه آلومین بایستی بسیار خالص باشند .

مرحله اول - تهیه آلومین خالص - تهیه آلومین خالص از مواد معدنی یعنی بوکسیت در دو طریق انجام میگردد که اولی موسوم به طریقه بایر (Bayer) و دومی به دوویل پشین (Deville Pechiney) میباشد .

۱ - طریقه بایر - اصول شیمیائی طریقه بایر (Bayer) عبارتست از حل کردن بوکسیت خام و ناخالص در سود محرق و بدست آوردن آلومینات سدیم که پس از حل کردن نمک نامبرده در آب ، هیدرات آلومینیم متراصب شده و ته نشین میگردد . بعداً به هیدرات آلومینیم گرمای کافی داده که آب تبلور و آب هیدرات آن تبخیر گردد و اکسید آلومینیم Al_2O_3 خالص و سفید رنگی نتیجه شود .

شرح عملیات - ابتداء مواد اولیه بوکسیت را در ماشینهای سنگ شکن بقطعات کوچک در آورده و در کوره های مدور گردان حرارت داده و تکلیس مینمایند . سپس در ماشینها گردکن و آسیاها بشکل ذرات در آورده ، آنوقت بوکسیت نرم و تکلیس شده را در مخازن و حوضهای مخصوص که مجهز بدستگاه هم زدن میباشد با سود محرق بوزن مخصوص $1/45$ و با غلظت $44/8$ (Be) مخلوط کرده و خوب بهم میزنند . سپس مخلوط هم زده را به اتوکلاو (Autoclave) هائیکه جدار خارجی آنها با بخار آب گرم میشوند انتقال داده و این مخلوط را در داخل اتوکلاو ها در تحت فشار ۲۲ - ۳۲ اتمسفر و در گرمای $150 - 160$ درجه سانتیگراد برای مدت ۸ - ۴ ساعت نگاه میدارند تا در تحت شرایط نامبرده فعل و انفعالات شیمیائی لازمه صورت گیرد و آلومینات سدیم بعمل آید .



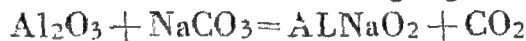
بسیاری از ناخالصیهای موجود در بوکسیت مانند اکسید آهن؛ اکسید تنی تان و قسمت بیشتر سیلیس غیر قابل حل بوده و در محلول آلومینات سدیم ته نشین میگردد ولی بیش از ۹۰٪ آلومین موجود در بوکسیت در سود محرق حل شده و بصورت آلومینات سدیم درمیآید. حال این مایع را از اتوکلاوها بیرون آورده و در مخازن و حوضهای بزرگی که هر يك بظرفیت ۵۵۰۰۰ لیتر است فرستاده و مدت ۴ - ۵ ساعت آرام نگاه داشته تا اینکه املاح غیر قابل حل ته نشین شوند؛ سپس مایع زلال آلومینات سدیم را با قدری آب مخلوط کرده که وزن مخصوص آن از ۱/۴۵ به ۱/۲۳ و غلظت به ۲۷ Bé (بومه) تبدیل گردد و در این حالت آنرا از صافیهای میکانیکی عبور داده تا مایع صاف شده بدست آید. بمنظور رسوب دادن هیدرات آلومینیم از آلومینات سدیم، مقداری هیدرات آلومینیم تازه بمخزن آلومینات اضافه نموده و آنرا خوب بهم زده تا اینکه هیدرات آلومینیم رسوب کند. این عمل مدت ۶۰ ساعت بطول میانجامد. بعداً رسوبات را با فشار از درون صافیهای میکانیکی که با فشار کار میکنند عبور داده محصول را برای خشک کردن و تبدیل به Al_2O_3 بدون آب به کوره های مدور گردان مانند کوره سیمان پزی، در گرمای ۱۰۰۰ یا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد تکلیس نموده و آلومین خالص حاصل میشود که دارای ترکیب شیمیائی زیر است:

Al_2O_3 ۹۹/۵٪؛ آب میکانیکی ۰/۳٪؛ آب شیمیائی ۰/۵٪؛ سیلیس ۰/۲٪؛ اکسید آهن ۰/۱٪

۴ - **طریقه دوویل پشینی** - طریقه دوویل پشینی یا لوشاتلیه - موران (Lechatelier - Morin) تا مدتی مهمترین طریقه تهیه آلومین خالص بشمار میرفت ولی چون طریقه بایر عملی تر، آسانتر و ارزان تر بود لذا رفته رفته این طریقه متروک گشت و فقط برای بوکسیتی بکار میرفت که آهن زیاد داشت.

شرح عمل - در این طریقه مواد اولیه بوکسیت را پس از شکانیدن و درآوردن بقطعات کوچک تکلیس نموده و سپس خورد کرده و با کربنات دوسود به نسبت ۱ الی ۳ کربنات دوسود و یک بوکسیت خورد شده در مخازنی مخلوط نموده و سپس در

کوره های مدور گردان مدت ۲-۴ ساعت بین ۱۰۰۰ و ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد گرما میدهند. گاهی اوقات مقدار کمی زغال سنگ گرد به مخلوط اضافه میکنند. کربنات دوسود با (Al_2O_3) موجود در بوکسیت در فعل و انفعال شیمیایی در آمده و تولید آلومینات دوسود نموده و گاز CO_2 متصاعد میگردد ولی ناخالصیهای موجود بهمان حالت اولیه بشکل مواد غیر قابل حلی باقی میمانند.



بعداً آلومینات دوسود حاصله را در مخازنی با آب گرم شسته تا در آن حل شود در صورتیکه اکسید آهن؛ اکسید تیتان و سیلیس که تماماً در آب غیر حل هستند رسوب نموده و ته نشین میشوند. محلول آلومینات را از صافیهای میکانیکی رد کرده تا اینکه مواد معالقه گرفته شوند. سپس بدرون محلول زلال و صاف شده گاز انیدرید کربنیک دمیده تا فعل و انفعال زیر وقوع یابد و هیدرات آلومینیم بوجود آید.



بعداً مثل طریقه بایر، هیدرات آلومینیم را رسوب داده و پس از صاف کردن آن را در کوره های مدور گردان در گرمای ۱۰۰۰ درجه تکلیس نموده و آلومین Al_2O_3 خالص ساخته میشود.

مرحله دوم - الکترولیز آلومین و استخراج آلومینیم فلزی - طریقه استخراج آلومینیم از آلومین خالص تهیه شده که فعلاً در بسیاری از کارخانجات استخراج آلومینیم بکار میرود عیناً همان طریقه ایست که باسم هال - هروث (Hall - Heroult) در سال ۱۸۸۷ میلادی به ثبت رسید. چون این دودانشمند، اولی در امریکا و دومی در فرانسه دریاك زمان موفق با اختراع این طریقه شدند لذا این طریقه باسم هر دو معروف شده است. اصول استخراج در هر دو طریقه یکی است و اختلافات موجود بسیار جزئی بوده و فقط در ترکیب شیمیایی محلول الکترولیت و جزئیات ساختمانی کوره و حوضچه های الکترولیز میباشد.

در طریقه هال - هروث، آلومین را در محلول گداخته فلورور آلومینیم و فلورور بتاسیم و یا سدیم بوسیله جریان برق مستقیم تجزیه و تفکیک به یون نموده و آلومینیم فلزی در ته کوره که از کربن ساخته شده و بمنزله قطب منفی (کاتود) میباشد، جمع

میگردد. الکترولیت را از محلول کریولیت طبیعی یا مصنوعی میسازند. کریولیت در ۹۹۵ درجه سانتیگراد گداخته شده، بحالت مایع در میآید و مخلوط یوتکتیکی آن که بترکیب $۸۱/۵\%$ کریولیت و $۱۸/۵\%$ آلومین میباشد در ۹۳۵ درجه سانتیگراد در حالت مایع است. حال در اثر اضافه نمودن املاح دیگر ممکن است درجه گدازش را تا ۷۰۰ درجه تنزل داد. وزن مخصوص الکترولیت باید همیشه کمتر از وزن مخصوص آلومینیم فلزی باشد و اگر نه آلومینیم آزاد شده بالا آمده و روی محلول الکترولیت میایستد و عمل تجزیه را خراب میکند.

ترکیب الکترولیت بطور نمونه باید در این حدود باشد.

کریولیت $۶۶/۸\%$ فلورورسیدیم $۳۳/۲\%$

در طریقتهال ترکیب محلول الکترولیت از اینقرار است:

کریولیت ۵۹% ؛ فلورورسیدیم ۲۱% ؛

کلورورکلیسم ۲۰% . این محلول در حالت گداخته

میتواند تا ۲۰% اکسید آلومینیم را در خود

حل کند. وزن مخصوص کریولیت جامد $۲/۹۲$ و در

حالت مایع $۲/۰۸$ است؛ در صورتیکه وزن مخصوص

الومینیم جامد $۲/۷۰$ و در حالت مایع گداخته در

۹۰۰ درجه $۲/۳۱$ میباشد و چون قدری سنگین تر از کریولیت است لذا در ته کوره الکترولیز روی کاتود مینشیند.

اختلاف سطح لازم (EMF) برای تجزیه الکتریکی آلومین در حدود $۲/۸$

ولت است؛ اما در عمل همیشه ۳ برابر این مقدار میباشد، زیرا مقاومت کوره

وافت های دیگر باعث میشود که اختلاف سطح بالا رود و در حدود $۶/۵ - ۷/۵$ ولت

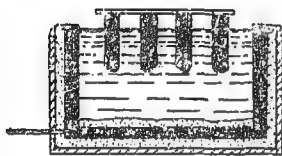
بشود. البته چون ساختن ماشین مولد الکتریسیته (جنراتور) با اختلاف سطح باین کمی

هنوز مقرون بصرفه نیست؛ لذا $۳۰ - ۴۰$ کوره یا حوضچه الکترولیز را بطور پیوسته

(Series) بیکدیگر متصل نموده تا اینکه مجموع اختلاف سطح به ۲۵۰ ولت برسد.

شدت جریان یا «دانسیته» جریان نیز زیاد تغییر میکند و بین $۱/۵ - ۳$ امپر برای هر سانتی

متر مربع سطح کاتود میباشد. جریانیکه بکار میرود بر حسب اندازه و تعداد الکترودها



رئی الکترولیز برای آلومین

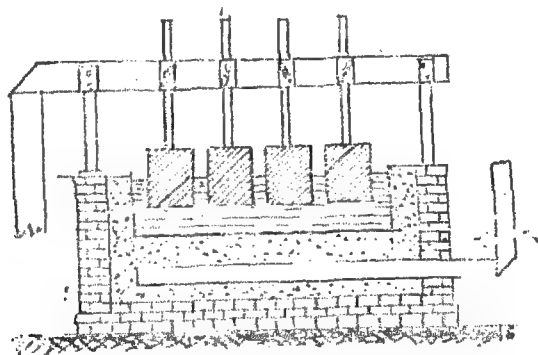
(شکل ۲۲۲) کوره الکترولیز اکسید آلومینیوم

بین ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ امپر در کوره های معمولی و در کوره های بزرگ شدت جریان در کابل بین ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ امپر میرسد.

از نقطه نظر محاسبه نظری باید برای هر يك امپر ساعت مقدار $0/۳۳۱۱۲$ گرام آلومینیم آزاد گردد و در هر ۱۰۰۰ امپر ساعت در حدود ۳۴۰ کیلو گرام آلومینیم باید بدست آید. مصرف انود برای هر يك کیلو آلومینیم $۰/۶۷$ کیلو گرام می باشد ولی در عمل برای هر يك کیلو گرام آلومینیم که آزاد میگردد يك کیلو گرام انود زغالی و ۲ کیلو گرام اکسید آلومینیم و ۱۰۰ گرام کریولیت مصرف میشود.

محصول این طریقه، آلومینیم فلزی خالص نبوده و مقداری ناخالصی در بردارد که باید آنها را بوسایل تصفیه طولانی از بین برد.

کوره های احیاء اکسید آلومینیم - تمام کوره های که بمنظور استخراج و الکترولیز آلومینیم بطریقه هال - هرولت بکار میروند بر روی يك اصل ساخته شده اند ولی جزئیات ساختمانی آنها ممکن است متغیر باشد. خود کوره از يك صندوق مکعب مستطیل پولادی که درون آن از يك لایه مواد نسوز پوشیده شده تشکیل و روی آن يك طبقه کربن خالص بشکل آستر قرار گرفته و عمل کاتود را انجام میدهد. این آستر کربنی را



(شکل ۲۲۳) يك نوع دیگر از کوره الکترولیز آلومین

از كك نفت و قدری قیر (قطر آن) بعنوان ماده چسبنده میسازند. مخلوط این دو ماده را با فشار بر روی کف و جدارهای جانبی کوره می چسبانند. در بعضی کارخانجات آستر کربنی را در خارج مانند انود در قالبهای مخصوص ساخته و بعداً بدرون کوره می چسبانند.

ابعاد کوره‌ها متفاوت بوده و نوع متوسط آن با ابعاد $۲/۵ \times ۱/۵ \times ۰/۶$ متر بشکل مکعب مستطیل میباشد. شکل انودها استوانه‌ای یا مکعب مستطیل، و در دسته‌های ۴ - ۸ - ۱۲ عددی بوسیله میله‌های اتصالی بدرون کوره آویزان هستند بقسمیکه میتوان آنها را بالا برد و پائین آورد. اندازه قطر و یا هر ضلع بر حسب ظرفیت کوره‌ها بین ۸ - ۴۰ سانتیمیتر تغییر میکند.

جریان عمل در کوره - ابتداء کار، مقداری کربن نرم بشکل دانه روی کف کوره میریزند و سپس انودها را بقدری پائین می‌آورند تا تماس با این طبقه پیدا کند تا در نتیجه وصل جریان، جرقه زده شود. پس از اینکه کوره گرم شد، کریولیت خشک و یا مایع را بدرون کوره وارد نموده و تدریجاً مقدار آن را زیاد میکنند تا کوره از محلول الکترولیت پر شود؛ در این موقع آلومین Al_2O_3 تهیه شده را در اندازه‌های کم بکوره میدهند تا اینکه شامل ۱۰ - ۲۰٪ محلول الکترولیت بشود. برای اینکه وزن مخصوص کریولیت گداخته پائین آید و غلیظ نشود مقداری فلورورسیدیم و کلسیم بکوره میدهند آلومین تجزیه الکتریکی شده $Al_2O_3 \xrightarrow{+++} Al + 3O^-$ و یونهای فلزی آلومینیم که جدا میشوند روی سطح کاتود که قاعده کوره باشد مینشینند. وقتی که از آن بمقدار کافی جمع شد، منفذ خروجی را باز کرده و آلومینیم گداخته را خارج مینمایند. در موقع عمل میتوان بوسیله ولت‌متر و لامپهای الکتریکی مخصوص مقدار آلومین که در الکترولیت میباشد در تحت اختیار گرفت؛ زیرا مشاهده شده است هنگامیکه مقدار آلومین در محلول الکترولیت کم میشود، اختلاف سطح بالا رفته و از ۷ - ۸ ولت معمولی به ۱۵ - ۲۰ ولت میرسد. بهر کوره يك لامپ الکتریکی متصل است که در اثر بالا رفتن مقاومت لامپها روشن میشوند و متصدی کوره فوراً از وضعیت و ترکیب محلول الکترولیت در کوره مطلع میگردد و درصدد ترمیم و تنظیم آن بر میآید.

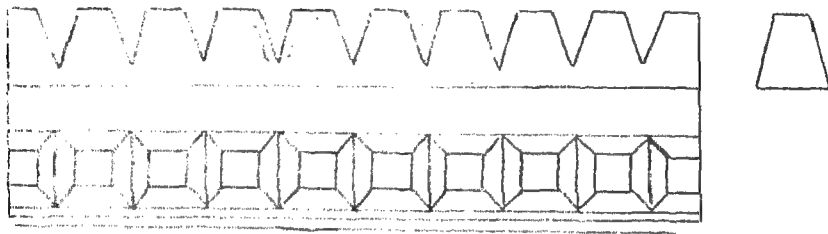
کوره‌ها را معمولاً در ردیف ۲۰ - ۳۰ عددی برابر یکدیگر میسازند و آنها بطور دائم و مستمر کار میکنند. هر روز یک مرتبه منفذ خروجی هر يك از کوره‌ها را باز کرده و آلومینیم فلز را خارج نموده و منجمد میکنند. طبیعتاً وقتی که تعداد کافی جمع شد، آلومینیم ناخالص را مجدداً در کوره شعله گداخته و بهم زده تا ناخالصیهای موجود اکسید شده

بالا آمده و ازاله شوند. سپس آلومینیم را بشکل شمش و یا حسب و یا بصورت زیر در می آورند و به بازارهای فلزی دنیا عرضه می دارند.

آلومینیم را بر حسب خلوص به دسته تقسیم نموده اند:

۱ - آلومینیم مخصوص که محتوی $۹۹/۵\%$ آلومینیم و بقیه $۰/۵\%$ مجموع ناخالصیهای موجود در آن از قبیل مس - آهن - سیس و تی تان میباشد.

۲ - آلومینیم درجه یک یا (A) که محتوی ۹۹% آلومینیم و بقیه مجموع



(شکل ۲۲۴) شمش های آلومینیوم

ناخالصیهای موجود میباشد.

۳ - آلومینیم درجه دویا (B) که محتوی $۹۸ - ۹۹\%$ آلومینیم و بقیه مجموع ناخالصیها میباشد.

الکتروودهای کربنی - چون انودها و تا اندازه کاتودها محلول الکترولیت در تماس نزدیک میباشد لذا نباید محتوی هیچگونه ناخالصی از قبیل آهن و سیلیس و غیره باشند و کربنیکه در ساختن الکترودها بکار میرود نباید زیاد خاکستر داشته باشد. بهترین ماده کربن داریکه بمصرف الکترودها میرسد کک نفت است و بدین منظور آنرا خورده کرده و بصورت کاوخته در آورده و در کوره خوب گرما میدهند تا اینکه کاملاً سرخ شود سپس آنرا خشک کرده و در ماشین های خورده کن و آسیا کاملاً کوبیده تا بشکل گرد ریزی در آید در این حالت آنرا با قیر و قطران مخلوط کرده تا اینکه بصورت عجین در آید. سپس مالش داده و روی آن عمل کرده و بعداً در قالب های انود و کاتود قرار داده و زیر فشار ۵۰۰ اتمسفر میگذارند تا ذرات انود و کاتود حاصله کاملاً بهم فشرده شده و در نتیجه بصورت جسم سختی در آید.

بعداً آنها را در هوای گرم خشك كرده و در كوره های مخصوص در گرمای ۱۰۰۰ - ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد حرارت میدهند تا کلیه مواد فرار قیر و قطران از بین بروند.

همبسته های آلومینیم - همبسته های دو فازي آلومینیم یعنی آلومینیم با يك فاز دیگر عبارتند از آلومینیم و مس بترکیب $AL\ 92\%$ و $Cu\ 8-4\%$ که در قالب ریزی و برای کارهای ریخته گری در امریکا بسیار متداول و معمول است و در صنایع اتوموبیل سازی زیاد بکار میرود. دوم آلومینیم و سیلیسم بترکیب $Si\ 13-10-5\%$ و بقیه الومینیم این همبسته از آلومینیم خالص نیز سبکتر بوده و برای کارهای قالب ریزی و ریخته گری زیاد بکار میرود. این همبسته در آلمان با اسم (Silumin) و در فرانسه به (Aladar) معرف میباشد.

همبسته های مرکب - مهمترین همبسته مرکب آلومینیم همبسته ایست موسوم به دور آلومین (Duralumin) که بین سالهای ۱۹۰۳-۱۹۱۱ در آلمان اختراع گردید دور آلومین اصلی بترکیب 4% مس؛ $6-0\%$ مانگانیز؛ $6-0\%$ هانیزیم؛ $3-0\%$ سیلیسیم و بقیه آلومینیم میباشد. با تغییر دادن مقادیر این عناصر و گاهی اوقات با اضافه نمودن عناصر دیگر از قبیل روی و نیکل، شرکت های بزرگ اتوموبیل و هواپیما سازی انگلستان و امریکا همبسته های متعددی اختراع و تحت اسمی از قبیل RR53 - RR50 و همبسته Y و $Al61$, $Al61$ و $Hiduminium$ و غیره ثبت رسانیده و در ساختن آلات و قطعات مختلف اتوموبیل و هواپیما بکار میبرند.

خاصیت دور آلومین در این است که میتواند آنرا مانند فولاد آب داد و سخت نمود و درجه آب دادن آن بین ۴۸۰ - ۵۰۰ درجه سانتیگراد است. یکی از مزایای دیگر این همبسته سخت شدن بهرور زمان است که آنرا «سختی در اثر عمر» نامیده اند، بدین معنی اگر سختی دور آلومین پس از آب دادن مقدار معینی، باشد ۴۸ ساعت بعد مقدار مزر تغییر کرده و دو برابر میشود و سختی آن نزدیک به سختی فولاده میگردد؛ و بدین مناسبت این همبسته زیاد مورد توجه و استفاده صنعتگران میباشد.

موارد استعمال آلومینیم - بطور مسلم آلومینیم فلز آتیه میباشد زیرا پس از

اکتشاف طریقه هال - هرولت و برسیه‌ها، آئیکه در خواص مختلف این عنصر و همبسته های آن شده و میشود موارد استعمال آن روز بروز زیاده‌تر گشته و درخیای چیزها فعلاً جانشین فلزات دیگر شده است. چون این فلزیکی از فلزات مهم صنعتی بشمار می‌رود لذا همیشه در سیاست بوده و کشور های مهم دخالت در امور شرکتیای تولید کننده آن میکنند.

بطوریکه گفته شد وزن مخصوص کم و باین این عنصر توأم با خواص خوب مکانیکی از قبیل چکش‌خواری و تورق و مفتول شدن، آلومینیم را برای ساختن بسیاری از چیزها بکار می‌برند و آنرا بطور ریخته و کشیده شده و نورد شده بکار برده و مورد استفاده قرار میدهند بحالت خالص بازرگانی در ساختن ظروف غذا خوری و طبخ‌خ و سیم و مفتول بکار برده میشود. بصورت همبسته در صنایع اتوموبیل و هواپیما سازی و همچنین در صنایع رادیو و الکتریسته و صنایع فلزی دیگر و در استخوان بندی کشتیهای هوایی زیاد بکار می‌رود. ایضاً در عمایات دا کسیداسیون پولاد ریزی و برای گداز فلزات سخت گداز بطریقه آلومینوترمی و بالاخره بشکل رنگ و دواجات شیمیائی مورد استعمال متعددی دارد.

ماگنیزیم

تساریخچه - دی وی (Davy) نخستین دانشمندی بود که در سال ۱۸۰۸ میلادی فلز مانیزیم را اول بوسیله بخارات پتاسیم از اکسیدان (MgO) احیاء نمود و بعداً آنرا بوسیله تجزیه الکتریکی کلرور مانیزیم بی آب بدست آورد ولی محصولاتی که از هر دو طریق نامبرده بدست آمد بسیار ناخالص بود. در سال ۱۸۳۰ بوسی (Bussy) این فلز را از احیاء نمودن کلرور مانیزیم بی آب بوسیله پتاسیم بدست آورد و در سال ۱۸۵۳ بونسن (Bunsen) مانیزیم را از طریق الکترولیز ملح کلرور مانیزیم در یک بوته چینی (پورسلانی) با الکترودهای کربنی (زغالی) آزاد ساخت و ای استخراج فلز مانیزیم بمیزان و اندازه‌های بازرگانی مرسوم بزحمات دوویل (Deville) و کارون (Caron) میباشد و روشیکه دودانشمند نامبرده در سال ۱۸۶۳ میلادی در فرانسه بدنای صنایع فلزات و دانش استخراج فلزات معرفی نمودند، براین اصل استوار گردیده بود که مخلوطی از کلرور مانیزیم و فلوئور کلسیم را با کمک فلز سدیم در یک بوته آهنی سر بسته احیاء کرده تا در نتیجه فلز مانیزیم بدست آید. بعداً در سال ۱۸۸۵ فن پوتنر (Von Puttner)، مانیزیم را مانند تقطیر روی در بوته‌های مخصوصی بدست آورد. برای اینکار ابتدا سنگ کانی مانیزیت یعنی کربنات مانیزیم را در اثر گرما دادن مبدل به اکسید نمود و اکسید مانیزیم را در بوته‌های مخصوصی با زغال خالص احیاء کرد، و سپس بخارات مانیزیم را در دستگاه تقطیر مبدل، به فلز نمود.

طریقه الکترولیتیکی که در کشور آلمان تا قبل از آغاز جنگ جهانی اول معمول بود عبارت بود از الکترولیز محلول الکترولیت که از مخلوط سه نمک کلرور یعنی ($NaCl$) و (KCl) و ($MgCl$) تشکیل یافته بود. این عمل در یک بوته آهنی که خود بوته رول کاتود را بعهده داشت و انود آن از زغال خالص تشکیل شده بود انجام میگرفت. خواص فیزیکی و شیمیایی - مانیزیم فلزیست بسفیدی نقره و در بسیاری از

خواص شباهت زیادی به آلومینیم دارد. مانیزیم از کلیه فلزاتی که در شرایط معمولی هوا ثابت و پایدار اند سبک تر بوده و سبکترین فلزی است که در کارهای مهندسی و مصالح ساختمانی فلزی و صنایع فلزات بکار میرود. وزن مخصوص آن $۱/۷۴$ یعنی $\frac{۲}{۳}$ سنگینی آلومینیم (وزن مخصوص $۲/۷$) است؛ با وجود این از آلومینیم سخت تر و قوی تر ولی خاصیت مفتول و کشیده شدن و مقاومت آن در برابر اثرات زنگ زدنی کمتر است و بهای آن نیز بیشتر از آلومینیم میباشد. از نقطه نظر مفید بودن و مقایسه خواص عمومی در سبکی وزن و در نیروی کشش، مانیزیم به مراتب بهتر از آلومینیم میباشد ولی در خواص چکش خواری و تورق و مفتول شدن، چون مانیزیم ترد و شکننده میباشد لذا از این حیث پست تر از آلومینیم بوده و برای اینکه بتوان این فلز را تحت عملیات نورد و کشیدن از درون حدیده ها قرار داد، باید آن را بین $۳۰۰ - ۵۰۰$ درجه سانتی گراد گرماداد.

درجه گداز مانیزیم و آلومینیم نزدیک بهم میباشد. اولی ۶۵۱ و دومی ۶۶۰ درجه سانتی گراد است ولی درجه قلیان مانیزیم به مراتب پایین تر از آلومینیم بوده و در حدود ۱۱۲۰ درجه سانتی گراد تعیین شده؛ بدین جهت ممکن است این فلز را بوسیله تبخیر و تقطیر تصفیه نمود.

علامت شیمیائی آن (Mg)؛ بوزن اتمی ۲۴.۳۲ میباشد. در بسیاری از اسید های رقیق حل شده، تولید املاح مربوطه نموده ولی در سود محرق بسختی حل میگردد. مانیزیم اغلب اکسید ها را احیا میکند. آب در گرمای معمولی چندان تأثیری در این فلز ندارد؛ ولی در گرمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد آن را بتدریج خورده و گاز هیدروژن متصاعد میگردد. هوای خشک تأثیری در آن ندارد ولی در هوای مرطوب سطح آن از غشاء باریک اکسید کربنات و یا هیدرات مانیزیم پوشیده میگردد و اگر مدت زیادی در معرض هوای مرطوب بماند زنگ زده و خورده میشود. مانیزیم بصورت گرد بسرعت عجیبی در هوا و در مجاورت اکسیژن میسوزد و گرمای فوق العاده از خود بیرون میدهد. گرمای ترکیبی (MgO) ۱۴۶۰۰۰ کالوری - گرم - اتم میباشد؛ در صورتیکه گرمای ترکیبی اکسید آلومینیم (Al_2O_3) ۱۲۷۸۰۰ کالوری - گرم - اتم است.

مانیزیم بحالت نوار باریک یا گرد ریز در هوای آزاد مشتعل شده و نور شدیدی منتشر میسازد و از روی این خاصیت در عکاسی و نور افکن ها و بمبهای آتش زا و غیره از آن استفاده شایانی میگردد.

مواد اولیه و سنگهای معدنی

مواد اولیه و سنگهای معدنی مانیزیم در قشر زمین بسیار و از حیث فراوانی در بین عناصر رتبه پنجم را حائز و بترتیب بعد از سیلیسیم - آلومینیم - آهن - کلسیم میآید برعکس آلومینیم که مواد اولیه آن فقط در نقاط محدود و بخصوصی در کره زمین بطور وفور و قابل استخراجی یافت میشود، توده های مانیزیم، مخصوصاً املاح کربنات آن که موسوم به (Magnesite) و دولومیت (Dolomite) اند، بمقادیر زیاد در بسیاری از نقاط زمین بوجود آمده اند. املاح مانیزیم بویژه کلرور و کلرور مضاعف و سولفات آن در بسترها و لایه های نمک طعام و جزء مواد محتوی در آب دریا و اقیانوسها و چشمه های شور میباشد.

فلز مانیزیم هیچگاه بحالت آزاد طبیعی یافت نمیشود و مهمترین مواد اولیه آن عبارتند از:

جدول (۴۰)

فرمول شیمیایی	اسم کنایه شناسی	ماده اولیه
(MgCO ₃)	Magnesrite	۱ - ماگنزیت
Ca.Mg(CO ₃) ₂	Dolomite	۲ - دولومیت
(MgSO ₄ O . H ₂ O)	Kieserite	۳ - کیزریت
MgSO ₄ KCl . 6H ₂ O	Kainite	۴ - کاینیت
MgCl ₂ . KCl . ۶H ₂ O	Karnalite	۵ - کارنالیت
(Mg(OH) ₂)	Brucite	۶ - بروسیت
MgAl ₂ O ₄	Spinel	۷ - اسپینل
H ₄ Mg ₃ Si ₂ O ₄	Serpentine	۸ - سربانتین
H ₂ Mg ₃ .Si ₄ O ₁₂	Talc	۹ - تالق

در سنگهای آذری این عنصر در سنگهای امفیبول - میکاها - پیروکسن و الیون

موجود است ولی از آنها بدین منظور استخراج نمیگردد.

مانیزیت (Magoesite) مهمترین ماده اولیه این عنصر بشمار میرود و در بسیاری از ممالک مانند استرالیا - اتریش - مجارستان - چک اسلواکی - کانادا - ایالات متحده امریکا - یونان - ایتالیا - اسپانیا - هندوستان - آفریقای جنوبی استخراج میگردد.

در درجه دوم اهمیت دولومیت (Dolomite) است که آنهم در بسیاری از نقاط دنیا بطور وفور یافت و مخصوصاً در ساختن مواد تسوز مورد استفاده قرار میگیرد. املاح مانیزیم که مهمترین آنها کلرور مانیزیم میباشد در حدود ۱۱٪ آبهای اقیانوسها را تشکیل داده و این آبها در حدود ۱٪ ملح مانیزیم دارند. در اغلب دریاچه ها شور و نمک زارها ملح مزبور مخلوط با املاح سولفات مانیزیم و سولیم و بتاسیم موجود است. در دریاچه های شور ایران از قبیل دریاچه رضایه و حوض سلطان، گاوخونی، دریاچه بختگان و کویرهای مرکزی میبایاردها تن املاح مختلف مانیزیم که هر یک از آنها دارای ارزش اقتصادی فوق العاده میباشد موجود ولی در اثر عدم توجه اولیاء امور مملکت و جهالت و سستی ملت این منابع زر خیر دست نخورده مانده و هیچگونه اقدامی ولو عملیات مقدماتی بمنظور استخراج و بهره برداری از آنها نشده است.

اصول استخراج

برای استخراج مانیزیم از سنگهای معدنی و املاح آن طرق بسیاری کشف و وضع گردیده که مهمترین آنها از این قرار است:

۱ - طریقه احیاء نمودن املاح مرکب مانیزیم بوسیله فلز دیگر: مثل احیاء کلرور مانیزیم بوسیله فلز سدیم و یا اکسید مانیزیم بوسیله فلز آلومینیم. نظار بسختی و اشکال بدست آوردن مدیم الکترولیتیکی، این طریقه از بین رفته است.

۲ - احیاء نمودن املاح مرکب مانیزیم بوسیله کربن این روش بواسطه اشکالات فنی چندان عمل نیست.

۳ - تجزیه الکتریکی (الکترولیز) کلرور مانیزیم و یا مخلوطی از کلرور سدیم و پاتاسیم. این طریقه بسیار متداول و در آلمان و آمریکا عمل میشود.

۴ - تجزیه الکتریکی (الکترولیز) اکسید مانیزیم که در املاح دیگری از قبیل

فلورورمانیزیم حل شده است. این طریقه عیناً مانند طریقه استخراج آلومینیم میباشد و بوسیله شرکت (American Magnesium. Co.) در امریکا بکار میرود.

۵ - تجزیه الکتریکی محلول آب دار یکی از املاح مانیزیم. این طریقه از نقطه نظر عمل بسیار مشکل است ولی از حیث اصول اشکالی ندارد.

۶ - تجزیه الکتریکی سولفورمانیزیم (MgS) در حوضهای الکترولیز که محتوی ملح دیگری نیز میباشند این طریقه، گرچه امکان پذیر بنظر میرسد ولی آزمایشهای بازرگانی هنوز بر روی آن نشده است.

از آنچه در بالا ذکر شد چنین استنباط میگردد که استخراج مانیزیم فقط در دو طریقه عملی بنظر میرسد و کلیه محصول مانیزیم دنیا از بکار بردن دو طریقه مزبور بدست میآید. این دو طریقه عبارتند از:

۱ - طریقه الکتریکی یا الکترولیز کلرورمانیزیم بی آب در محلول الکترولیت املاح کلرور پتاسیم و یا سدیم.

۲ - تجزیه الکتریکی اکسید مانیزیم در حوض الکترولیز که محتوی فلورور مانیزیم (MgF_2) و املاح دیگر میباشد.

۱- الکترولیز کلرورمانیزیم - این طریقه در سه مرحله اصلی وقوع مییابد:

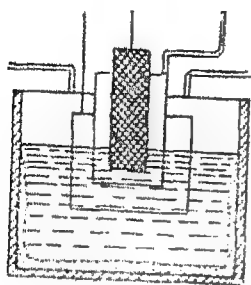
(الف) مرحله تهیه کلرور مانیزیم بی آب. (ب) مرحله تجزیه الکتریکی ملح نامبرده در حوضچه های الکترولیز در اختلاف سطح کم. (ج) تصفیه محصولیکه از مرحله (ب) بدست میآید.

در اینجا لازم است گفته شود که برای بدست آوردن کلرورمانیزیم بی آب نمیتوان ملح آب دار آنرا فقط گرما داد زیرا اگر ملح ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) را گرما دهند و تکلیس نمایند مجدداً در آب تبلور خود حل میشود و این فعل و انفعال صورت میگیرد



و محصولیکه نتیجه میشود اکسید مانیزیم میباشد. بنابراین برای از بین بردن آب این ملح، طرقهای مختلفی پیشنهاد گردیده که عملی ترین آنها از قرار ذیل است: ملح کلرورمانیزیم آب دار را در مخلوطی از کلرور سدیم یا پتاسیم حرارت داده

و یا اینکه آنرا در جریان گاز کلر و یا گاز اسید کلریدریک حرارت داده تا اینکه بتدریج کلرورمانیزیم با ۲۵٪ وزن خود کلرورسدیوم و کلرور آمونیاک مخلوط گشته و در اثر گرما در اینصورت ۵۰٪ آب تبلور خود را از دست بدهد. سپس مخلوط را خشک



کرده و مجدداً گرما داده تا اینکه کلیه آب تبلور محتوی دفع گردد و کلرور مانیزیم بی آب حاصل شود.

در طبقه دیگر، ملح کلرورمانیزیم آب دار را مدت چند ساعت در گرمای ۱۵۰ سانتی-

گراد بوسیله جریان هوای گرم حرارت داده و این باعث میشود که در حدود ۷۳٪ $(MgCl_2)$

شکل (۲۲۵) حوض الکترولیز کلرور

مانیزیم $MgCl_2$

و ۴٪ (MgO) و ۲۳٪ آب باقی بماند.

سپس ملح مزبور را در فضایی که محتوی گاز اسید (HCl) بوده و در حرارت ۳۰۰ درجه سانتی گراد است قرار داده تا اینکه کلیه آب از بین برود و کلرورمانیزیم بی آب بدست آید. البته در هیچک از طرق نامبرده نباید کلرورمانیزیم آب دار مبدل به اکسید مانیزیم گردد.

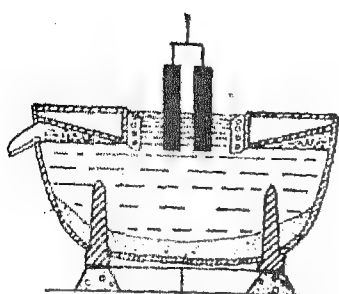
پس از بدست آوردن $(MgCl_2)$ خشک و بدون آب، آنرا با کلرورهای سدیم و پتاسیم مخلوط کرده و در یک حوضچه الکترولیز شکل (۲۲۵) در گرمای بین ۶۷۵-۷۲۵ درجه سانتی گراد و در اختلاف سطح کم تجزیه الکتریکی مینمایند. اختلاف سطح لازم برای الکترولیز $(MgCl_2)$ در حدود ۶/۲۵ ولت است وای در عمل نظیر به مقاومت های موجود بین ۵ الی ۸ ولت میباشد.

حوضچه الکترولیز از یک ظرف آهنی مکعب مستطیل شکلی ساخته شده که در وسط آن انود زنگالی و کاتود آهنی قرار گرفته و مابین این دو یک حائل پورسلانی نیز ساخته شده است. در آغاز عمل، حوضچه را از خارج گرما داده تا اینکه فعل و انفعالات شیمیائی شروع شود. یونهای مانیزیم Mg از محلول الکترولیت جدا گشته و در اطراف کاتود بصورت گوی های $(Globules)$ در آمده سپس بالا رفته و بوسیله هاله یا فاشقی

برداشته میشوند و در خارج در ظرف دیگری جمع میشوند؛ تا پس از تصفیه بشکل شمش ریخته شود. حایل پورسلانی که بین انود و کاتود جای گرفته برای این است که مانع ترکیب مجدد کلرور مانیزیم ($MgCl_2$) بشود، زیرا یونهای کلر را بخود گرفته و از مجرایی بیرون میدهد و اگر اتفاقاً بعضی از یونهای کلر بدرون محلول الکترولیت خارج حائل مرکزی برود، آنگاه بوسیله دمیدن گاز انیدرید کربنیک و بازوت اخراج میگردد ظرفیت حوضچه ها را معمولاً در حدود ۴۵ - ۵۰ کیلو گرام محلول الکترولیت میسازند که محصولی برابر ۱۲ - ۱۵ کیلو گرام مانیزیم در هر ساعت بدهند. اگر فلز مانیزیم که از این طریق بدست میآید ناخالص باشد، میتوان آنرا بوسیله گداختن با فلز سدیم و کلرات مانیزیم تصفیه نمود و فلز خالص Mg ۹۹/۹ بدست آورد.

۳- الکترولیز اکسید مانیزیم (MgO). این طریقۀ عیناً مانند تجزیه الکتریکی اکسید آلومینیم Al_2O_3 به روش هال - هرولت میباشد و در امریکا بوسیله شرکت American Magnesium Co بکار میرود. ابتداء باید اکسید مانیزیم خالص را تهیه نمود و آنرا در محلول الکترولیت فلورو مانیزیم (MgF_2) و فلورو باریم (BaF_2) و قدری فلورو سدیم (NaF) (برای سیال شدن و پائین آوردن غلظت الکترولیت) در حوضچه های مخصوص تجزیه الکتریکی نمود. حوضچه الکترولیت را باید از خارج گرم کرد تا گرمای محلول الکترولیت به ۹۵۰ درجه سانتی گراد برسد. سپس اکسید مانیزیم خالص را که از تکلیس نمودن کربنات مانیزیم ($MgCO_3$) بدست آمده متدرجاً در اندازه های کم در اطراف انودهای زغالی بدرون حوضچه ریخت. شدت جریان بین ۹۰۰۰ - ۱۳۰۰۰ آمپر و اختلاف سطح لازم بین ۹ الی ۱۶ ولت میباشد. در مصرف نیروی الکتریسته، تجزیه الکتریکی اکسید مانیزیم بعد از اکسید آلومینیم میآید؛ زیرا برای بدست آوردن هریک تن مانیزیم فلزی در حدود ۲۷۰۰۰ کیلووات ساعت لازم است و برای آلومینیم در حدود ۳۰۰۰۰ کیلووات ساعت مصرف میشود.

در اینجا هم پونهای مانیزیم که از اکسید جدا میشوند بطرف کاتود رفته و مانند گویهائی جمع میگردد و پس از اینکه زیاد شدند، بالا آمده و روی سطح محلول الکترولیت شناور گشته و بدین وسیله میتوان آنها را از مجرای مخصوص خارج نمود.



هوس الکترولیز برای آلومینیم

مانیزیم فلوی ناخالص را میتوان ابتدا ذوب کرد و بوسیله اضافه نمودن مواد گداز آوری، ناخالصیهای آنرا مبدل به اکسید نمود و بشکل سرباره در آورد، و با اینکه پس از گداختن گرمای آنرا زیاد کرد تا تبخیر شود و در ظرف دیگر بخارات آنرا تقطیر کرده بصورت مانیزیم خالص در آورد.

(شکل ۳۲۶) حوض الکترولیز اکسید مانیزیم (MgO)

درجات خلوص بازرگانی مانیزیم عبارتند از:

نمره صفر محتوی $Mg \ 99.9\%$ نمره ۱ محتوی $Mg \ 99.85\%$ نمره ۲ محتوی $Mg \ 99.90\%$ و با شکل مختلف یعنی بشکل شمع، میله، شمش و لوله ورق و صفحه های بسیار نازک و نوار و بالاخره بصورت گرد در بازارهای فلزات عرضه میگردد. موارد استعمال مانیزیم - صنایع هواپیما سازی استعمال این فلز را در کارهای

مهندسی و ساختن قطعات محکم و سبک از جنس جهانی اول باینطرف بسیار معمول نموده؛ قسمی که امروزه فلز مانیزیم و همبسته های مختلف آن با آلومینیم و سایر فلزات رقابت شدیدی میکند و یقیناً یکی از مهمترین فلزات آینده بشمار میرود. زیرا مانیزیم نوزاد تر از آلومینیوم میباشد و اطراعات راجع به توانائی ذاتی و امکانات آن کاملاً در دست نیست. قبل از جنگ جهانی نخست مانیزیم را زیاد در ریخته گریها برای دا کسیده نمودن آنها و از بین بردن گوگرد بولادها و غیره بکار میبردند. دیگر بصورت گرد و نوار باریک در عکاسی و آتش بازی و نورافکن ها زیاد متداول بود ولی در جنگ جهانی دوم مانیزیم بعنوان بمبهای آتش زا و روشن نمودن هدف های بمباران و آتش زدن و غیره زیاد بکار رفت. مانیزیم بشکل همبسته با آلومینیم یعنی دور آلومین زیاد بکار میرود و یکی از همبسته های مهم آن که در آمریکا معروف به فلز (Dow) میباشد محتوی ۲ - ۱۲٪ آلومینیم و بقیه مانیزیم میباشد که پس از عملیات گرمایی استحکام فو توانائی آن نزدیک با استحکام و قوت فولاد میگردد. همبسته مزبور را در آلمان نیز میساختند و با اسم فلز Elektron معروف بوده است.

فصل بیست و نهم

مانگانیز - کروم - نیکل - کبالت

مانگانیز

خواص فیزیکی و شیمیایی - مانگانیز فلزی است خاکستری مایل به قرمز و بوزن مخصوص $7/4$ که در 1260 درجه گداخته شده و در 1900 درجه سانتیگراد بقلیان درمیاید.

سختی نوع خالص آن کمتر از شیشه است ولی اگر محتوی کربن و سیلیسیم باشد، پولاد را مخلوط میسازد. هوای معمولی چندان اثری در این عنصر نمیکند ولی در گرمای زیاد سرعت زیادی مبدل با اکسید میگردد.

علامت شیمیایی آن (Mn) و وزن اتمی آن $54/93$ است. به سهولت با اکسیژن و گوگرد در امتزاج شیمیایی در آمده تولید اکسید و سولفور نموده و املاح زیادی با پتاسیم و سدیم و عناصر دیگر میسازد. در اغلب اسیدهای رقیق حل میگردد و تشکیل املاح مربوطه را میدهد.

مواد اولیه و سنگهای معدنی - مهمترین مواد اولیه مانگانیز عبارتند از:

ماده اولیه	اسم کانی شناسی	فرمول شیمیایی
۱- پیرولوسیت	Pyrolusite	(MnO_2)
۲- مانگانیت	Manganite	$(Mn_2O_3 \cdot H_2O)$
۲- براونیت	Braunite	(Mn_2O_3)
۴- رودوکروزیت	Rhodocrosite	$(MnCO_3)$
۵- رودونیت	Rhodonite	$(MnO \cdot SiO_2)$

مواد اولیه و سنگهای معدنی درجه اعلا ممکن است تا 35% محتوی (Mn) ولی اغلب موادیکه امروزه استخراج میشوند در محتوی فلزی فقیر بوده و باید بوسایل مختلف تهیه و آرایش شده تا اینکه عیار فلزی آنها بیشتر گردد.

اصول استخراج

طرق استخراج مانگانیز از سنگهای معدنی بر حسب نوع مانگانیز که مورد تقاضا است تغییر میکند.

۱- مانگانیز فلزی ۲- همبسته مانگانیز ۳- بی اکسید مانگانیز (MnO_2)
۱- استخراج مانگانیز فلزی- مانگانیز فلزی خالص را فقط میتوان بوسیله (الومینوتری) یعنی احیاناً نمودن اکسید مانگانیز در اثر احتراق گرد آلوده بدست آورد. محصولیکه از این راه نتیجه میشود فقط محتوی ۰.۳٪ ناخالصی از قبیل آهن-سیلیسیم و آلومینیم میباشد، زیرا بر طرف نمودن کلی این عناصر عمل آسانی نیست. روش دیگر، الکترولیز سولفات مانگانیز است ولی در این مورد، مانگانیز حاصله بشکل گرد خواهد بود.

روش سوم این است که مواد اولیه مانگانیز که محتوی آهن میباشد با مقداری زغال در گرمای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد در کوره ای تکلیس نموده و پس از احیاء شدن آهن و بر طرف نمودن آن، مانگانیز تکلیس شده را در یک کوره بلندی گذاشته و مانند چدن، محصول نسبتاً ناخالصیکه بیشتر شباهت به همبسته های آهن دارد بدست آورد.
۳- ساختن همبسته های مانگانیز- نظیر اینکه مصرف عمده مانگانیز در پولاد سازی است و این عنصر را بشکل همبسته های آن مانند آهن اینه ای یا (Spiegeleisen) و یا فرومانگانیز (Ferromanganese) استعمال میکنند. لذا از وی ندارد که عنصر مانگانیز را در کوره کاهلا از عناصر کربن و آهن جدا نمود و بلکه بهتر است این دو عنصر را هم چنان در آن باقی گذاشت. آهن اینه محتوی ۱۵-۲۰٪ مانگانیز و ۰.۵٪ کربن و بقیه آهن است. فرومانگانیز محتوی ۷۰-۸۰٪ مانگانیز و ۰.۶٪ کربن و بقیه آهن است.

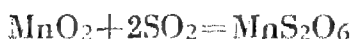
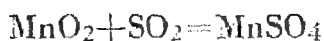
همبسته های بازرگانی را بوسیله گداز و احیاء مواد اولیه که در محتوی مانگانیز غنی میباشد بدست میآورند. اصولاً گداز بی اکسید مانگانیز (MnO_2) عمل آسانی نیست زیرا اکسید نامبرده بسهوات بداخل سر باره رفته و از طرفی عنصر Mn بصورت گاز خیلی فراری در میآید. برای اینکه عمل گداز بخوبی انجام یابد درجه گرمای را

باید زیاد بالا برده تا يك اتمسفر احیاء كننده ای در كوره حك مفر ما باشد. بنابراین در تحت این شرایط عناصری از قبیل آهن - سیلیسم و كربن نیز احیاء میشوند و بداخل مانگانیز گداخته میروند؛ از این جهت برای اینکه فرومانگانیزی بدست آید كه لااقل محتوی $Mn/75$ باشد، باید مواد اولیه درجه اعلا بكار روند.

۳- بی اكسید مانگانیز - بی اكسید مانگانیز در ساختن باتریها و اكوملاترهای الكتريكی زیاد بكار میروند. پس از پولاد، صنایع الكتريكی، مصرف كننده بزرگ این ماده میباشد. مانگانیز را در باتریهای الكتريكی بشکل دیولاریزاتور (Depolizer) استعمال کرده و بدین لحاظ نباید محتوی عناصر الكترونگاتیف به فلز روی از قبیل مس نیکل - کبالت و آرسنیک باشد. بی اكسید مانگانیز باید بسیار خالص باشد و چون مواد اولیه طبیعی بیش از $Mn/80$ ندارند لذا یکی از طرق ارزان باید بكار رود.

طریقه وستلینگ - (Westling Process) - برای بدست آوردن MnO_2 خالص ابتداء مواد اولیه را كاملاً خورد کرده تا با اندازه ۲۰ مش برابر $833/$ میلیمتر قطر درآید؛ سپس آنرا با آب و مقداری H_2SO_3 مخلوط کرده تا تولید سولفات مانگانیز بنماید. عناصری از قبیل آهن - آلومینیم و آرسنیک را بوسیله اضافه نمودن سنگك آهك رسوب داده ولی مس با اضافه نمودن گرد آلومینیم رسوب میکند. بعداً مقداری نیترات كلسیم $Ca(NO_3)_2$ اضافه نموده تا سولفات مانگانیز تبدیل به نیترات مانگانیز گردد. رسوبات را بوسیله صافی میكائیسکی جدا نموده و محلول صاف شده نیترات مانگانیز را در حوضچه های كم زرفی تبخیر نموده تا اینکه سولفات كلسیم از بین برود. بعد محلول را اگر ماداده تا موقعیكه نیترات مانگانیز به MnO_2 واسید نیتریک تفكیک گردد. علاوه بر استعمال در باتریها، MnO_2 تصفیه شده در صنایع شیمیائی و رنگ و شیشه سازی زیاد بكار می رود.

طریقه فن آرسدایل (Van Arsdale Process) - در این طریقه مواد اولیه مانگانیز را كه محتوی ۱۸-۲۰٪ میباشد خورد کرده تا ذرات آن بقطر ۳۰ مش برابر $0/5$ میلیمتر درآیند. بعداً با آب مخلوط کرده تا بصورت پولپ درآیند، سپس گاز SO_2 را در درون پولپ دمیده تا اینکه فعل و انفعالات زیر صورت گیرند:



پس از آنکه مدتی در این حالت نگاه داشته شد، درجه گرما را زیاد کرده تا اینکه رسوبات غیر قابل حل ته نشین شده و در حوضچه ها محلول صاف شده بوجود آید. تا بتوان آنرا تبخیر کرد و بدین واسطه آب زیادی را ازین برد و در نتیجه مانگانیز حاصل شود. حال سوافات را در کوره های مدور گردان سیمان پزی در گرهای ۱۰۰۰ الی ۱۱۰۰ درجه تکلیس و تشویه نموده تا اینکه MnO_2 خالص بدست آید.

موارد استعمال مانگانیز - مهمترین مورد کاربری این عنصر در پولاها بصورت قرومانگانیز و با آهن آئنه بمنظور ساختن پولاد مانگانیز دار که موسوم به پولاد هادفیلد (Hadfield) است و بمنظور اکسید نمودن و از بین بردن گوگرد در پولاها میباشد. مقدار کمتری در ساختن همبسته های غیر آهنی از قبیل نیکروم (Nichrome) فلز مونل (Monel) و ورشو و برنز مانگانیز و مانگانین (Manganin) بکار می رود. مانگانین همبسته ایست از مس و مانگانیز که محتوی ۱۲-۱۵ Mn بوده و در سیمهای مقاومت و کویلها استعمال میشود. بی اکسید مانگانیز در ساختن باتریها و در صنایع شیشه سازی و رنگت مورد استعمال شایانی دارد. املاح مانگانیز در بسیاری از کارهای شیمیائی و پزشکی مورد استفاده قرار میگیرد.

عنصر مانگانیز بشکل فلز خالص کمتر استعمال میشود و ساخته هم نمیشود و بطوریکه ملاحظه گردید مانگانیز بصورت همبسته و یا بشکل اکسید و املاح شیمیائی بکار می رود.

مهمترین کشورهایائیکه مانگانیز تولید میکنند عبارتند از روسیه شوروی - هندوستان - برازیل و بعضی ممالک اروپا.

مانگانیز ایران

مواد اولیه مانگانیز یعنی بی اکسیدین موسوم به پیرواوسیت (Pyrolusite) در نزدیکی قریه رباط کریم ۳۰ کیلو متر جنوب غربی تهران اکتشاف گردیده و عملیات استخراج برای تهیه مانگانیز جهت کارخانه ذوب آهن و پولا سازی در صورتیکه تأسیس

میگردید، تا اندازه انجام یافته ولی بعلت عدم احتیاج و نبودن بازار داخلی کلیه عملیات اکتشافی و بهره برداری از شهر یور ۱۳۲۰ در این معدن متوقف گردیده است.

کروم

خواص فیزیکی - در سال ۱۷۹۷ میلادی دو نفر شیمیست موسوم به (Vauquelin) و (Klaproth) هر یک بطور جدا گانه عنصر کروم را از یک سنگ معدنی آن موسوم به Crocoisite به فورمول $PbCr_2O_4$ که از سیبری بدست آمده بود جدا نمودند و یک عنصر دیگر بر تعداد عناصری که تا آنوقت بدانش شیمی معلوم و آشکار بود افزوده گردید. کروم فلزی است سفید مایل بآبی و دارای جلای عالی نقره که دائماً در آن موجود است. تبلوران در سیستم مکعبی بوده ولی نوع متبلوران بسیار سخت و شکننده میباشد و سختی آن از شیشه بیشتر و نزدیک به ۹ است. وزن مخصوص کروم فلزی در ۲۰ درجه سانتیگراد $6/92$ میباشد. نوع خالص آن در ۱۵۲۰ درجه سانتیگراد گداخته شده و در ۲۲۰۰ درجه بقلیان درمیآید. وجود کربن یا عناصر دیگر در کروم فلزی، درجه گداز آن را پائین میآورند ولی در عوض بسختی و استحکام آن میافزایند.

خواص شیمیائی - کروم فلزی در اسید کلریدریک و نیتریک و سولفوریک سرد بتدریج و با تأنی وای در اسید کلریدریک و سولفوریک گرم با سرعت حل گشته و تولید املاح مربوطه میکند. ولی اسید نیتریک گرم چندان اثری در این فلز ندارد. مقاومت فلز کروم که از طریق تجزیه الکتریکی بدست آمده در برابر اثرات تباه کننده و خوردنده اسیدها و قلیائها و عوامل جوی و اکسیژن و گاز کلر تا ۳۰ درجه سانتیگراد بسیار خوب است و از این جهت کروم را فلز فساد و زنگ ناپذیر میشناسند و بمنظور دارا بودن این خواص در بسیاری از موارد استعمال میشود.

علامت شیمیائی کروم (Cr)، بوزن اتمی ۵۲ و دارای سه والانس میباشد. مواد اولیه و سنگهای معدنی کروم - کروم در حالت آزاد طبیعی یافت نمیشود

ولی در حالت ترکیب شیمیایی در بسیاری از سنگهای معدنی بوجود آمده است که مهمترین آنها عبارتند از کرومیت (Chromite) $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ - داوریلایت (Daubreelite) $\text{FeS} \cdot \text{Cr}_2\text{S}_3$ - یوواروویت (Uvarovite) $\text{PbCrO}_4 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$ - کروکوزیت (Crocoisite) - بفورمول PbCrO_4

ولی یگانه ماده معدنی که از آن کلیه محصول فلز کروم بدست میآید کرومیت $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ میباشد.

در شهابهای سنگی آسمانی Meteorite که هر چندی بسطح زمین سقوط میکنند مقدار کمی از این فلز موجود است ولی تا بحال دیده نشده که محتوی کروم آنها بیش از ۰.۱٪ باشد. رنگ قرمز یا قوت و رنگ سبز سنگهای آذری (سربانتین) و زمرد و بعضی از رنگهای دیگر سنگهای معدنی مرسوم بوجود اکسید کروم در آنها میباشد.

در کانی شناسی، سنگهای معدنی کروم متعلق به سیستم اسپینل (Spinel) بوده زیرا در بعضی مواقع اکسید آهن و اکسید کرومیم بوسیله اکسید مانیزیم $\text{Mg}^{(2)}$ و وا اکسید آلومینیم جایگزین و معاوضه میگردند. مقدار اکسید کرومیم تغییر میکند ولی ماده ای که قابل استخراج است نباید کمتر از ۰.۴۵٪ Cr_2O_3 داشته باشد.

کرومیت شباهت زیادی از حیث رنگ و شکل ظاهری به سنگ معدنی آهن مقناطیسی مانتیت (Fe_3O_4) دارد ولی کرومیت اغلب بشکل ذرات و دانه های بسیار ریز در سنگهای آذری قلیائی که در اولیون (Olivine) غنی میباشد بوجود آمده است. گاهی اوقات بشکل عدسی در توده های عظیم و بصورت قلوه سنگت و بر آمده گی در سنگهای آذری قلیائی Ultra Basic مانند سربانتین (Serpentine) و پریدوتیت (Peridotite) و دونیت (Dunite) پیدا میشود. مهمترین همالک تولید کننده عبارتند از روسیه در کوههای اورال و افریقای جنوبی، ناحیه رودسی جنوبی و در سریالون (Sierra leon). ایضاً در بسیاری از نقاط کانادا، اتازونی، در کشور ترکیه و هندوستان

و بلوچستان و درایران در ناحیه عباس آباد یافت و استخراج میگردد سنگ ک کرومیت خوب باید دارای مشخصات ذیل باشد :

Cr_2O_3 ۴۰-۵۵٪ SiO_2 ۱۱-۱۳٪ - فسفر ۵-۱۰٪ - گوگرد ۵-۱۰٪ -

نسبت کروم به آهن باید ۲ الی ۲/۵ به ۱ باشد .

اصول استخراج

استخراج کروم فلزی از مواد اولیه بر حسب تقاضا و نیازمندیهای صنایع در سه طریقه انجام میگردد که عبارتند از :

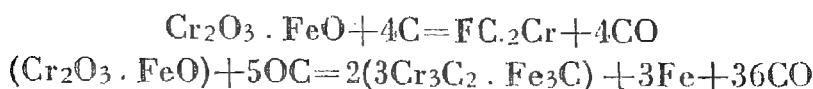
طریقه اول - گداز کرومیت در کوره های الکتریکی بمنظور بدست آوردن فروکرم (Ferrochrome) .

طریقه دوم - تبدیل کرومیت معدنی به کرومات بوسیله عملیات شیمیائی .
طریقه سوم - گداز کرومیت و احیاء نمودن اکسید بمنظور بدست آوردن کروم فلزی بوسیله الومینوترمی .

طریقه اول - چون در صنایع فلزکاری این عنصر را بیشتر بشکل فروکرم بکار میبرند ؛ از این جهت قسمت معظم کرومیت مستقیماً تبدیل به فرو کروم میگردد و طریقه ای که بسیار معمول و متداول است از این قرار است .

ابتدا کرومیت را در ماشینهای سنگ شکن بقطعات کوچک و مناسب درآورده و با زغال چوب و باکک مخلوط کرده و در کوره الکتریکی جرقه با مقداری آهک - کوارتز و فلورین (CaF_2) میگدازند . چون گداز این ماده نیاز بدرجات عالی گرما دارد لذا پوشش درونی کوره الکتریکی در درجه اول باید از آجرهای کرومیت و در درجه دوم از ماینزیت باشد .

پس از آنکه مواد در کوره کاملاً گداخته شد و بصورت مایع سیالی در آمد آنرا به پاتیلی انتقال داده و پس از انجماد مواد مذاب در پاتیل یا چمچه قسمت فلزی فروکروم را از قسمت خاکی، سر باره جدا میکنند . فعل و انفعالاتی که در کوره صورت میگیرند عبارتند از :

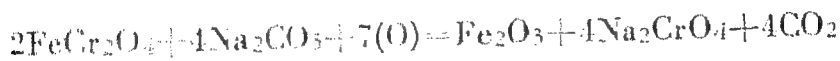


از نقطه نظر فعل و انفعالات شیمیائی ، دو همبسته بوجود میآید که اولی یعنی $(Fe . 2Cr)$ بدون کربن و دومی $(3Cr_3C_2 . Fe_3C)$ که محتوی $\frac{1}{4} \cdot 10\%$ کربن است صورت میگیرد ، ولی در عمل همیشه همبسته اولی تا انتهای عملیات پایدار نماند و همبسته دومی طوری خواهد بود که بیش از $\frac{1}{8}$ کربن نخواهد داشت . محصولاتی که از گداز کرومیت در کوره الکتریکی و تبدیل آن بفرو کروم بدست میآیند به سه دسته تقسیم شده اند .

۱- همبسته کروم و آهن که محتوی $1-2\%$ کربن است . ۲- همبسته کروم و آهن که محتوی $4-6\%$ کربن است ۳- همبسته کروم و آهن که محتوی $6-8\%$ کربن است البته هر قدر مقدار کربن محتوی کمتر باشد ارزش اقتصادی و بازرگانی همبسته بیشتر خواهد بود .

طریقه دوم- تبدیل کرومیت به بی کرومات دوسود یا پتاس که در طی عملیات زیر تولید میگردد .

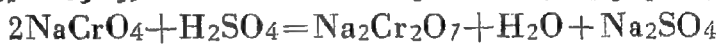
کرومیت 40% را با مقداری کربنات دوسود یا کربنات دوپتاس در يك کوره شعله ای تشویه مینمایند ولی اگر گوگرد کرومیت زیاد باشد لازم است آنرا ابتداء در کوره جداگانه تشویه نموده و گوگرد آنرا از بین برد والا گوگرد با پتاسیم و سدیم تولید املاح سولفات نموده که داخل کرومات خواهند شد ؛ و بالاخره آنرا خراب میکنند . پس از برطرف نمودن گوگرد ، کرومیت آنرا با مقداری کربنات دوسود و سنگ آهک مخلوط کرده و در کوره شعله ای مدت $6-8$ ساعت گرما میدهند و البته گرما را باید طوری در اختیار داشته باشند که محتویات کوره گداخته نگردد .



در حین عملیات بالا لازم است محتویات کوره را کاملاً بهم زده و بغلطانند و پس از خامه عملیات مواد تشویه شده را بخارج برده و روی سطح همواری گسترانیده تا در فضای آزاد سرد گردد . بعداً کرومات دوسدیم را (Na_2CrO_4) که حتماً مقداری آهک و کرومات دوکلسیم باخود دارد در حوضچه های آب جوش ریخته و با سولفات دوسود مخلوط میکنند ؛ در نتیجه کلسیم با سولفات دوسود بترکیب سولفات کلسیم

درآمده و ته نشین میشود و کرومات دوسود بحالت محلول باقی میماند. بعد از چندی محلول را از صافیهای میکائیکی عبور داده و محلول صاف شده را در حوضچه های دیگر برای تبخیر و ازین بردن آب اضافی انتقال میدهند و در این حوضچه ها کرومات دوسود متبلور میگردد.

حال اگر بی کرومات دوسود مورد نیاز باشد کرومات دوسود متبلور را خشک کرده و بشکل گرد زرد رنگی درآورد؛ در مخازن دیگری در آب گرم حل نموده و مقداری اسید سولفوریک بآن اضافه میکنند که فعل و انفعالات زیر صورت گیرند.



سولفات دوسدیم ته نشین شده و محلول را پس از صاف نمودن به مخازن و حوضچه های دیگر انتقال داده که پس از تبخیر آب اضافی آنرا متبلور نموده، خشک کرده، بشکل گرد یا ذرات بلورین بیکرومات دوسود بفروش میرسانند.

طریقه سوم - استخراج کروم فلزی - کروم فلزی را از احیاء نمودن اکسید کرومیم بوسیله گرد آلومینیم بروش آلومینوثری (Alunimothernic) بدست میآورند



شرح عمل - برای بدست آوردن اکسید کرومیم ابتدا هالچ بی کرومات دوسود یا پتاس را در بوته آهنی که از خارج گرم میگردد با گوگرد در آمیزش درآورد تا اینکه گوگرد باسدیم موجود به ترکیب سولفات دوسود درآید و اکسید کرومیم را طبق فعل و انفعالات زیر آزاد سازد.



مختویات بوته را بیرون آورده، منجمد نموده و در آب نسبتاً گرمی قرار میدهند که در آن سولفات دوسدیم حل میگردد و اکسید کرومیم ته نشین میشود. پس از صاف کردن و خشک کردن، اکسید کرومیم را در کوره شعله کوچک که کف و جدار درونی آن از آجرهای مانیزیت پوشیده شده با گرد آلومینیم مخلوط کرده و بوسیله مفتول باریک مانیزیم فلزی توده را محترق میسازند. گرمای اضافی از خارج لزومی ندارد زیرا فعل و انفعالات شیمیائی که صورت میگیرند همگی بسیار گرمازا بوده و گرمای لازم را برای گذار اکسید کرومیم و آزاد نمودن کرومیم بوجود میآورند.

گرمای ترکیبی Al_2O_3 در حدود ۳۹۲۶۰۰ کالری گرام و اکسید کرومیم ۲۲۳۹۰۰ کالری گرام میباشد.

البته فلز کرومیکه حاصل میشود مقداری آلومینیم بطور ناخالصی در بردارد ولی اگر فلز ۹۹/۵٪ کروم لازم باشد باید مقدار آلومینیم را نسبتاً در اختیار داشت و مواظبت کامل نمود. اگرچه فلز خالص کرومیم چندان استعمال صنعتی ندارد ولی هرگاه کرومیم ریخته شده مورد احتیاج باشد باید پس از گداختن درجه گرما را زیاد بالا برد که از غلظت و چسبندگی قطری بیرون آید و سیال بشود تا اینکه ریختن آن در قالب امکان پذیر باشد.

موارد استعمال - کروم فلزی خالص مورد استعمال صنعتی ندارد ولی چون کروم رنگت سفید نقره‌ای و جلای براق و مستمر و دائمی دارد و عوامل جوی چندان تأثیری در آن ندارد و زنگت نمی‌زند؛ لذا بسیاری از اشیاء آهنی و مسی را از آب کروم میپوشانند و این عمل در نتیجه تجزیه الکتریکی یا الکترولیز کروم در محلول اسید کرومیک (H_2CrO_4) که مقداری سولفات کرومیم $[Cr_2(SO_4)_3]$ نیز دارد با آنود کرومیم یا سرب و یا طلائی سفید انجام میگردد. البته کاتود آن جسمی خواهد بود که روی آن آب کروم داده خواهد شد.

محلول الکترولیت از ۲۴/۵٪ اکسید کرومیم Cr_2O_3 و ۳/۰٪ سولفات کرومیم $Cr_2(SO_4)_3$ در گرمای ۲۰ درجه سانتیگراد تشکیل شده و شدت جریان در حدود ۱۰ امپر برای هر دسی متر مربع سطح کاتود است.

کروم بصورت فروکرم در صنایع فولاد سازی و مواد نسوز زیاد بکار میرود؛ زیرا کروم را به فولاد اضافه میکنند که سختی آنرا زیاد نماید. فولادهای ابزار معمولاً مقدار ۰/۵-۱/۵٪ کروم دارند. برای ساختن فولادهای مخصوص کروم را با نیکل و وانادیوم در اندازه‌های مختلف به فولاد اضافه میکنند.

مهمترین همبسته‌های کروم آهنی هستند که با نیکل تشکیل همبسته داده و از آنها فلزات مقاوم الکتریکی در کوره‌های الکتریکی و وسایل دیگر و غیره میسازند. نیکل با کروم همبسته‌ای میدهد که در ساختن فولادهای زنگ‌ناپذیر (Stainless)

که معروف به همبسته ۸/۱۸ یعنی ۰.۱۸٪ کروم و ۰.۸٪ نیکل است می باشد و در ساختن قاشق و چنگال و وسایل دیگر بکار می رود. همبسته دیگر موسوم به (Nichrome) محتوی ۶۱-۶۵٪ نیکل؛ ۱۱-۱۳٪ کروم؛ ۵-۲۱/۵-۲۲٪ آهن؛ ۷۰-۱۱/۷۶٪ مانگانیز؛ ۲۲-۰/۰۲۶٪ سیلیس است و همبسته کرومل Chromel و استیلیت که محتوی ۵۵٪ کبالت است می باشند همبسته های مزبور می توانند گرمای زیادی را متحمل شوند و استقامت خود را از دست ندهند.

آجرهای نسوز کرومیتی اگر چه گران هستند ولی نسبت به اثرات اسیدها و قلیائیه خنثی مانده و درجات زیادی از گرما را متحمل می گردد. در کوره های گداز فلزات اغلب در فصل مشترک آجرهای سیلیسی و مانیزیتی استعمال میشوند. املاح کروم در بسیاری از کارهای شیمیائی و در دباغی چرم و در رنگ سازی بکار می رود.

کرومیت ایران

کرومیت در شمال قریه عباس آباد در کوه های اطراف قریه فرومد بشکل عدسی و توده اکتشاف گردید و بتهران برای ساختن بی کرومات دوپتاس و آجر نسوز فرستاده میشود. جنگ جهانی دوم باعث گردید که صنایع بی کرومات دوپتاس و آجر نسوز در ایران بوجود آید.

کارخانه بی کرومات دوپتاس سازی که نزدیک دروازه شمیران تهران ساخته شده بی کرومات دوپتاس را بهمان روش که شرح آن رفت میسازند و مواد اولیه آن از کرومیت معادن عباس آباد تأمین می گردد.

در کارخانه آجر نسوز امین آباد مقداری آجر نسوز کرومیتی میسازند که کاملاً از هر حیث رضایت بخش می باشد ولی چون هنوز در کشور عملیات استخراج فلزات بطوریکه باید دایر و معمول نگردیده و از طرفی دیگر بهای آن زیاد است، لذا این نوع آجر نسوز مورد استعمال زیادی ندارد و جای تأسف است که چرا تا بحال فکر صادر کردن این ماده به بازاریهای بیگانه در دماغ مسئولین بانک صنعتی و معدنی ایران تا بحال

متبلور نگردیده است .

معدن کرومیت فرومد در ۴۰ کیلومتری شمال شرقی عباس آباد واقع است . ماده معدنی کرومیت در سنگهای سربانتین قلیائی بوجود آمده و نتیجه تجزیه نشان داده است که عیار این ماده بین ۴۰ - ۱۰۵۰ (Cr₂O₃) میباشد . در اطراف فرومد رشته های دیگری از سنگهای کرومیت دریافت شده که ذخیره مرئی آنها را با اکتشافات مختصری که تاکنون بعمل آمده به ۳۰۰۰ تن تخمین زده اند . در بعضی از نقاط دیگر در رشته هائیکه از شمال فرومد بشمال سبزوار منتهی میگردد آثار کرومیت دیده شده و همچنین از جنوب نیشابور - رباط سفید - فریمان تا سرحدات افغانستان آثار این ماده معدنی مشاهده گردیده است .

کرومیت رباط سفید واقع در کوههای بین مشهد و تربت حیدریه بفاصله ۹۴ - ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد ، در چهل محل آثار این فلز دیده شده و جمع ذخیره تخمین شده این نواحی بالغ بر ۷۰۰۰ تن میگردد و با کمال اطمینان میتوان گفت در صورت اکتشافات دقیق تری با وسایل فنی جدید مقادیر هنگفت و معتنا بی از این ماده معدنی یافت خواهد شد . آثار کرومیت نیز در کوههای بشاگرد از نواحی مکران واقع در صد کیلومتری قصرقند دیده شده و آثار این ماده معدنی تا سرحدات بلوچستان و همچنین در خود بلوچستان انگلیس ادامه دارد که در آنجا کاملاً بهره برداری میشود . دو معدن دیگر از این ماده معدنی که تاکنون کشف شده در تخت سلیمان و دیگری در باشگرد در حوالی میناب است ولی این نواحی احتیاج بعملیات اکتشافی دقیق تری دارند تا ذخیره آنها معلوم گردد .

نیکل

خواص فیزیکی و شیمیایی - نیکل فلزیست سفیدرنگ، دارای جالای فلزی و بوزن مخصوص ۸/۸۴؛ در گرمای ۱۴۵۳ درجه سانتیگراد گداخته شده و در ۲۴۵۰ سانتیگراد بقلیان درمیآید - خاصیت تورق و مفتول شدن و چکشخواری آن بسیار خوب ولی از آهن سخت تر و قوی تر است .

نیکل بشکل ریخته شده دارای نیروی کشش ۳۵۰۰ - ۴۲۰۰ کیلوگرم در سانتیمتر مربع و در اثر عملیات گرمائی و میکانیکی میتواند نیروی کشش آنرا به ۸۴۰۰ - ۹۸۰۰ کیلوگرم در سانتیمتر مربع ترقی داد . هدایت الکتریکی نیکل فقط ۱۶ درصد مس است . در درجات معمولی هوا و گرما و در آب ثابت و پایدار میماند؛ مقاومت آن در برابر اثرات اسید ها و خورده گی و فاسد شدن بیش از آهن و مس بوده و نسبتاً زنگ ناپذیر است . نیکل در اسید کارید ریک و سولفوریک بسختی و اشکال حل میگردد ولی اثرات اسید ازوتیک بر روی این عنصر آنی و سریع میباشد .

نیکل با بسیاری از فلزات سنگین و ردیف خود مانند کروم - مس - آهن - کبالت در ترکیب درآمده و تشکیل همبسته های مهم صنعتیکه زیاد مورد استعمال دارند و مورد استفاده قرار میگیرند میدهد .

علامت شیمیائی آن (Ni) ؛ دارای وزن اتمی ۵۸/۶۸ و از فلزات دووالانسی می باشد .

مواد اولیه و سنگهای معدنی نیکل - سنگهای معدنی نیکل در بسیاری از نقاط دنیا یعنی در اغلب کشورهای اروپا - افریقا - آسیا و امریکا یافت میشود ولی در نقاطیکه این عنصر بطور وفور وجود آمده و کلیه محصول نیکل دنیا از معادن آنها بدست میآید عبارتند از : ۱- کانادا در ناحیه سادبوری ۲- جزیره کالدونی جدید از مستعمرات

فرانسه ۳- شمال نوروز و فنلاند در ناحیه پتسامو .

مواد معدنی نیکل جزیره کالدونی جدید در سال ۱۸۶۵ میلادی اکتشاف شد . از آن سال یعنی ۱۸۷۵ به بعد شروع به بهره برداری شد و تا قبل از اکتشاف معادن ایالت او تشاریو در کانادا، این ناحیه بزرگترین تولیدکننده نیکل بشمار میرفت ولی امروز در درجه دوم و بلکه سوم اهمیت قرار گرفته است زیرا معادن آن نزدیک با تمام می باشد. مواد معدنی نیکل در این جزیره از سیلیکات آب دار نیکل و مانیزیم تشکیل شده و سنگ معدنی آن موسوم به گارنیریت (Garnierite) و بفورمول $(\text{Ni}, \text{Mg}) \text{SiO}_2 \cdot \text{HO}_2$ که محتوی ۵ - ۷٪ نیکل؛ ۱۰٪ آب تبلور و ۲۰٪ رطوبت معدن است میباشد .

گارنیریت بشکل رگه های سبزرنگی در سنگهای آذری قلیائی موسوم به سرپانتین بوجود آمده و نوع خالص آن سبزرنگ است ولی البته هر قدر آهن آن زیاد باشد رنگ آن زرد و قهوه و سیاه میشود . چون در گارنیریت عناصری از قبیل مس و کوبالتر وجود نیست از این لحاظ استخراج نیکل آن بطریقه مخصوصی انجام میگردد .

امروز از حیث کمیت، کیفیت و اهمیت ، بزرگترین معادن نیکل دنیا در کشور کانادا در ایالت اونتاریو (Ontario) و در ناحیه سادبوری (Sudbury) واقع گردیده است. در این ناحیه توده های آذری خروجی موسوم به نوریت پکما تیت - (Norite) (Pegmatite) که در عهد ماقبل کامبریان بوجود آمده اند یافت میشوند و اضافه محتوی پیریت آهن (FeS_2) و پیروتیت (Pyrrhotite) بفورمول (FeS_9) و کالکوپیریت بفورمول (CuFeS_2) میباشد؛ در این مواد معدنی، نیکل بصورت ذرات ریز و منتشر و پراکنده در سنگهایی که محتوی پیروتیت است بوجود آمده و طوری است که نمیتوان آنرا با چشم رویت کرد و تشخیص داد؛ و فقط بوسیله آزمایش شیمیائی میتوان بوجود آن پی برد و یقین حاصل کرد. بعضی از کان شناسان بر این عقیده اند که نیکل باید پترکیب $(\text{Ni}, \text{Fe})_{11}\text{S}_{10}$ موسوم به پنتلاندیت (Pentlandite) وجود داشته باشد و ترکیب شیمیائی ساده مزبور از این قرار است: $\text{Ni} 36\% ; \text{Fe} 41\% ; \text{S} 23\%$ آهن و ۳۲٪ کوبالتر علاوه بر نیکل و آهن و مس این مواد معدنی شامل مقدار کمی از فلزات گران بهای دسته پلاتینم و علاوه طلا و نقره نیز میباشد که فلزات نامبرده را

درمات نیکل جمع نموده و بعداً آنها را ازمات نیکل جدا کرده و تصفیه میکنند: فلزات دسته پلاتینم شامل پلاتینم، پلادیوم و ایریدیوم میگردند.

اصول استخراج

نظر باینکه مواد اولیه معدنی نیکل از حیث ترکیب شیمیائی کاملاً متفاوت میباشند لذا برای هر نوع از آنها یک طریقه استخراج بخصوصی وضع گردیده است و اینک بشرح طرز استخراج نیکل از مواد معدنی جزیره کالدونی جدید میپردازیم.

۱- طریقه استخراج نیکل از ۴۴ نیریت- طریقه ای که برای گداز و استخراج نیکل از سیلیکات آب دار و مضاعف نیکل و مانیزیم معمول گردیده عیناً بر همان مبانی و اصول استخراج و گداز مواد اولیه مس استوار گشته و تنها اختلافی که در اینجا مشاهده میشود این است که چون در گار نیریت گوگرد موجود نیست لذا مواد گداز آ و راضافیرا از یک نوع مواد معدنی انتخاب میکنند که در آنها گوگرد بمقادیر کافی موجود باشد. مواد معدنی نیکل را بامقداری ژیمس یا سولفور کسیم (CaSO_4) و پیریت آهن مخلوط کرده و در کوره بلندی با کک میگذرانند که در نتیجه مات نیکل بدست آید.

شرح عملیات- مواد معدنی را در ماشینهای سنگ شکن بقطعات کوچک در آورده و مدتی در هوا خشک میکنند، سپس با ۰/۳۳ وزن بار کوره، کک مخلوط کرده و با مواد گداز آ و ری از قبیل ژیمس در کوره واتر زاکت احیاء نموده تا مات ۳۰ - ۴۰٪ نیکل بدست آید. مات نیکل را در دستگاه تبدیل کننده قرار داده و ناخالصیهای آنرا بوسیله دمیدن هوا و اضافه نمودن مقداری مواد گداز آ و ر اکسیده نموده و بداخل سر باره برده تا محصولی که نتیجه میشود محتوی ۰/۸۰٪ نیکل و ۰/۲۰٪ گوگرد باشد سپس این مات مرحله دوم را در ماشینهای سنگ شکن بقطعات کوچک در آورده و بعداً در آسیای کره ای بصورت گرد در آورده و در دستگاه تشویه میکائیکی وژ (Wedge) تشویه نموده تا وقتی که محتوی گوگرد از ۰/۲۰ به ۰/۱ برسد و بالاخره قسمت معظم سولفور نیکل تبدیل به اکسید گردد؛ آنگاه اکسید نیکل را بوسیله مقداری زغال انتراسیت و یا زغال چوب در کوره شعله کوچکی احیاء نموده و نیکل نسبتاً خالصی که محتوی ۰/۹۹/۵ Ni میباشد حاصل میگردد.

۴- طریقه استخراج نیکل در کانادا بوسیله شرکت

International Nickel Company

استخراج نیکل در کانادا که امروزه متجاوز از ۹۰٪ نیکل محصول دنیا از معادن آن بدست میآید شامل مراحل زیرین میگردد :

الف) پرعیار نمودن (کنسانتراسیون) مواد معدنی نیکل و مس بوسیله مختلف تهیه و آرایش مواد معدنی .

ب) تشویه نمودن مواد اولیه گوگرد دار و بعداً گداختن آنها بمنظور تحصیل مات نیکل و مس .

ج - جدا نمودن سولفورهای نیکل و مس در مات از یکدیگر بطریقه آورفورد (Orford)

د) تصفیه نمودن نیکل بطریقه نیکل کاربونیل معروف به روش موند (Mond) و یا بطریقه الکترولیز

شرح عملیات هر يك از مراحل نامبرده در بالا بقرار ذیل است :

الف) پرعیار نمودن (کنسانتراسیون) مواد معدنی و تشویه آنها -

محتوی نیکل در مواد معدنی کانادا بین ۲-۴/۵٪ نیکل بوده و برای اینکه بتوان آنرا در کوره شعله گداخت باید قبلاً با وسائلی عیار فازی را زیاد کرد . مواد اولیه که از معدن بیرون میآیند بدستگاه خوردکن فرستاده شده و بعداً در آسیاهای مختلف بصورت گرد و ذره در میآیند و پس از شستن از روی میزهای و بلقایی و غیره بداخل دستگاه فلو تاسیون رفته و سه محصول بدست میآید که عبارتند از :

۱- مواد پرعیار شده نیکل و مس

۲- مواد پرعیار مس به تنهایی گداخته شده و مس سیاه با مس جوش دار حاصل میشود.

۳- پس مانده هایی که از مواد خاکی و بقیه مت تشکیل شده که بدور انداخته میشوند.

ب) مواد پرعیار شده نیکل و قدری مس که از دستگاه فلو تاسیون بیرون میآیند چون این مواد محتوی ۲۰٪ گوگرد بوده لذا نمیتوان آنها را در این حال گداخت و حتماً باید تشویه نمود تا اینکه محتوی گوگرد از ۲۰٪ به ۱٪ و یا حتی صفر تنزل یابد و کلیه مواد سولفورده تبدیل

باکسید کردند. وسایل تشویه که بدین منظور بکار میروند عبارتند از دستگاه تشویه وژ - هر شہوف و ہبرلاین کہ در فصل «تکلیس و تشویه» شرح مفصل آنها داده شدہ و در اینجا لازم بتذکر و تکرار نیست .

عملیات گداز - پس از آنکہ مواد اولیه تشویہ شد و گوگرد محتوی از بین رفت مواد تشویہ شدہ را گرم گرم بداخل کورہ شعلہ کہ بلافاصلہ در اشکوبہ تحتانی دستگاه تشویہ ساختمہ شدہ انتقال دادہ و در آنجا میگدازند. بار کورہ شامل مواد اولیه پرعیار شدہ و تشویہ شدہ و مقداری شن و ماسہ و سربارہ کہنہ کہ از عملیات قبلی بدست آمدہ میگردد . در اینجا مواد اولیه گداخته شدہ و یک مات مختلط مس و نیکل کہ رویہ مہر فتمہ محتوی $\frac{1}{5}$ (Ni - Cu) میباشد بدست میآید . حال این مات را بدستگاه تبدیل کنندہ برای بالا بردن محتوی فازی نیکل و برطرف نمودن ناخالصیہای موجود در آن میفرستند . در دستگاه تبدیل کنندہ در اثر دمیدن هوای متراکم بدرون مات نیکل و مس - آهن محتوی زود تراکسید شدہ و گوگرد با اکسیژن بصورت گاز (SO_2) و با آهن بصورت سولفور خارج میگردد . سپس آهن اکسید شدہ با مقداری سیلیس کہ از خارج بعنوان مواد گداز اور اضافہ میشود و یا ز پوشش درونی کورہ گرفته میشود تشکیل سیلیکات دادہ و بصورت سربارہ در میآید .

محصول دستگاه تبدیل کنندہ یک ماتی است کہ محتوی 50% نیکل؛ 26% مس؛ 23% گوگرد؛ و 10% آهن است .

ج) جدانہ - ودن سولفور نیکل از سولفور مس بطریقہ اورفورڈ -

طریقہ اورفورڈ بر این اصل قرار گرفته کہ ہر گاہ سولفور نیکل و سولفور مس با سولفور دوسدیم در کورہای بگدازند و بعداً مواد گداخته را در پاتیل یا چمچہ انتقال دہند؛ پس از انجاماد و سرد شدن در پاتیل دولایہ مشخص و قابل جدانہ شدنی بوجود میآیند کہ لایہ تحتانی از سولفور نیکل و لایہ فوقانی از سولفور مس و سدیم تشکیل گردیدہ اند . از اینجہت محصول دستگاه تبدیل کنندہ را بقطعات کوچک در آورده و با مواد گداز آوری از قبیل سولفات دوسدیم و نترات دوسدیم مخلوط کردہ و در کورہ بلند

واترژاكت با كاك احياء مينمايند . سپس مواد گداخته را در پاتيل ريخته تا متدرجاً سرد شوند. سولفور مس كه بمقدار زيادى قابليت حل در سولفور سديم (Na_2S) دارد هم بسته تشكيل داده كه داراى وزن مخصوص سبك ترى بوده و در پاتيل بالا آمده و طبقه فوقانى را تشكيل ميدهد. ولى از طرفى ديگر سولفور نيكل چون چندان قابل حل در Na_2S نميباشد و بهمان حال اصلى باقى مانده و در ته پاتيل ته نشين ميگردد . حال پس از سرد شدن ميتوان اين دولايه را به سهولت از يكدیگر جدا نمود و هريك را جدا گانه عمل كرد كه بالنتيجه هم نيكل و هم مس بدست آيد .

جدا كردن مس - مواد گداخته كه در پاتيل و چمچه ها منجمد ميشوند از دولايه تشكيل شده اند كه لايد فوقانى محتوى $\frac{1}{40}$ مس و $\frac{1}{4}$ نيكل است . پس از جدا نمودن آن را در ماشينهاى سنگ شکن خورده و در يك كنورتور قليائى ديگرى ريخته و هواى متراكم را بدرون آن ميدمنند . در اثر اين عمل سولفور دوسديم (Na_2S) اكسيده شده و مبدل به سولفات دوسود (Na_2SO_4) ميگردد ، و اين ملج در هيچيك از سولفور هاى نيكل و مس قابل حل نميباشد و چون سولفور هاى فلزى مزبور سنگين اند لذا در دستگاه تبديل كننده ته رفته و سولفات دوسود مانند سرباره روى آمده بقسمتيكه ميتوان آنرا از مواد فلزى جدا نمود . سولفور مس را بعد از خارج نمودن از دستگاه تبديل كننده ، باز تشويه نموده و در كوره ديگرى تبديل بمس سياه با مس جوش دار ميكنند در اين مرحله ، عمليات گداز عيناً مانند عمليات استخراج مس ميباشد؛ جز اينكه پوشش درونى دستگاه تبديل كننده در اينجا بايد از خاك رس باشد كه با ملج سدیم كه موجود است به سهولت تشكيل سرباره داده و از مس فلزى جدا گردد .

جدا كردن نيكل - محصولات گداز اوليه كه در پاتيل يا چمچه منجمد ميشوند از دولايه اصلى تركيب يافته كه لايه زيرى بيشتر محتوى سولفور نيكل بوده يعنى $\frac{1}{60}$ نيكل و فقط $\frac{1}{9}$ مس دارد پس از شكستن و در آوردن آن بقطعات كوچك مقدارى كاك و نمك طعام با آن مخلوط كرده و مجدداً در كوره بلند و اترژاكت ميگدازند و محصولات كوره را در پاتيل و يا چمچه ميريزند . پس از انجماد دولايه مشخص بوجود ميآيد كه لايه فوقانى محتوى كلييه و يا قسمت اعظم مس ميباشد كه پس از جدا نمودن آنرا به دستگاه

استخراج مس میبرند. لایه زیرین این دفعه محتوی ۰.۷۲٪ نیکل و بصورت سولفور آن یعنی NiS خواهد بود. بطور کلی محصولات طریقه اورفوردر عبارتند از:

۱ - مس «جوشدار» یا «مس سیاه» که در قسمت کارخانه استخراج مس تبدیل به مس تصفیه شده میگردد.

۲ - سولفور نیکل است که بطرق زیر تصفیه شده و تبدیل به نیکل خالص می شود.
(د) تصفیه نیکل - امروزه دو طریقه متمایز و مشخص در تصفیه نیکل معمول است که عبارتند از:

اول - طریقه موند (The Mond Process) که در انگلستان منحصرأ بکار میرود.

دوم - طریقه الکتریکی که در کانادا و کشورهای دیگر معمول است.

طریقه موند - طریقه موند یا طریقه نیکل کاربونیل بر این اصل شیمیائی استوار گردیده که نیکل میتواند در درجات گرمای کم با اکسید دو کربن (CO) ترکیب شده تولید ترکیبی باسم نیکل کاربونیل بفورمول $Ni(CO)_4$ بنماید بدون شک این طریقه وقتی بکار میرود که مواد اولیه تماماً بشکل (NiO) باشد از این لحاظ سولفور نیکل (NiS) که از گداز ثانوی طریقه اورفوردر بدست میآید از کانادا به انگلستان بشهر کوچک (Clydach) که در آن کارخانه Mond بنا گردیده فرستاده میشود. در اینجا ابتداء سولفور نیکل را در آب ریخته که املاح سدیم موجود در آن حل شوند سپس خشک کرده و در کوره های تشویه میکانیکی از نوع ورتشویه میکنند تا محتوی گوگرد پائین آید و به ۰.۱٪ برسد. پس از برطرف نمودن گوگرد و تبدیل (NiS) به (NiO) مواد تشویه شده وارد دستگاه موند میشوند

حال تبدیل اکسید نیکل به نیکل خالص در طریقه نیکل کاربونیل در سه مرحله اصلی انجام میگردد.

اول - مرحله احیاء نمودن اکسید نیکل بوسیله گاز آب در گرمای ۳۰۰ - ۴۰۰ درجه سانتیگراد.

دوم - مرحله تبخیر و تصفیه نیکل بشکل نیکل کاربونیل $Ni(CO)_4$ بوسیله گاز اکسید دو کربن.

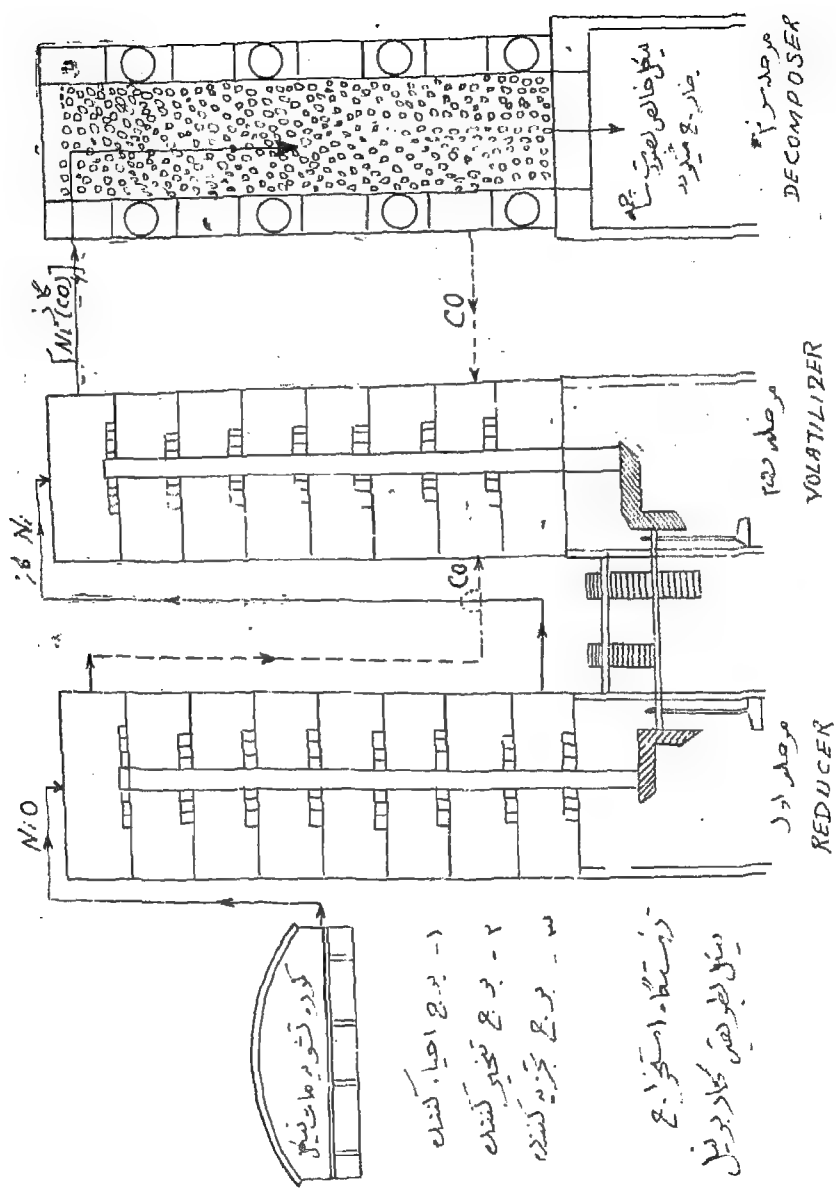
سوم - تجزیه و تفکیک نیکل کاربونیل در گرمای ۱۸۰ درجه به نیکل خالص و اکسید دو کربن .

۱ - مرحله احیاء نمودن اکسید نیکل (Reduction) - اکسید نیکل که از دستگاه های تشویه بیرون می آید به برج های استوانه که هر يك به باندی ۱۵ متر و قطر ۲ متر است و داخل آنها چندین سینی که حول يك محور مرکزی قرار گرفته اند انتقال داده میشود . در وسط این برج يك میله بشکل محور مرکزی ساخته شده که بدان چند پارو و دستك متصل است و بوسیله آنها مواد ، در روی سینیها بهم زده میشوند . اکسید نیکل بشکل گرد از قسمت فوقانی برج داخل شده و از سینی فوقانی به سینی بعدی که بلافاصله زیر آن قرار گرفته به ترتیب ریخته شده تا اینکه با آخرین سینی که در انتهای برج قرار گرفته برسد . درجه گرما درونی در این برج بین ۳۵۰ - ۴۰۰ درجه سانتیگراد میباشد و در موقعیکه دانه های اکسید نیکل از يك سینی بسینی پائین تری ریخته میشوند در مسیر نزولی برخورد با گاز آب که محتوی ۱.۶۰٪ هیدروژن و ۳.۶٪ اکسید دو کربن است میکند و در نتیجه فعل و انفعالاتیکه وقوع مییابد اکسید نیکل احیاء شده و به ذرات نیکل غیر خالص تبدیل میگردد .



در حدود ۹۷٪ اکسید نیکل موجود طبق فعل و انفعال بالا احیاء میگردد و ۳٪ بقیه بوسیله اکسید دو کربن احیاء میشود ولی اغلب اکسید دو کربن در گاز آب بمصرف تولید نیکل کاربونیل میرسد .

۲ - مرحله تبخیر و تصعید (Volatilisation) - دستگاه تبخیر عیناً مانند برج قبلی بوده و تنها اختلاف موجود این است که دیگر گرمایی از خارج لازم ندارد ؛ زیرا فعل و انفعالات شیمیائی در این برج در گرمای معمولی و متعارفی صورت میگیرند مواد احیاء شده یعنی (Ni) خام و ناخالص از قسمت فوقانی وارد برج شده و بطرف پائین از سینی بسینی زیری دیگر سر ازیر گشته و در مسیر نزولی برخورد با گاز اکسید دو کربن (CO) که از برج احیاء کننده می آید میکند و در نتیجه ذرات نیکل در گرمای ۴۳-۴۵ درجه سانتیگراد با اکسید دو کربن تولید ترکیب فراری موسوم به نیکل کاربونیل $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ میدهد که به برج تجزیه و تفکیک یعنی مرحله آخری ارسال میگردد .



شکل (۲۷) دستگاه استخراج نیکل بطریقه نیکل کار بونیل (موند)

۳ - مرحله تجزیه و تفکیک نیکل کاربونیل (Decomposition) دستگاه

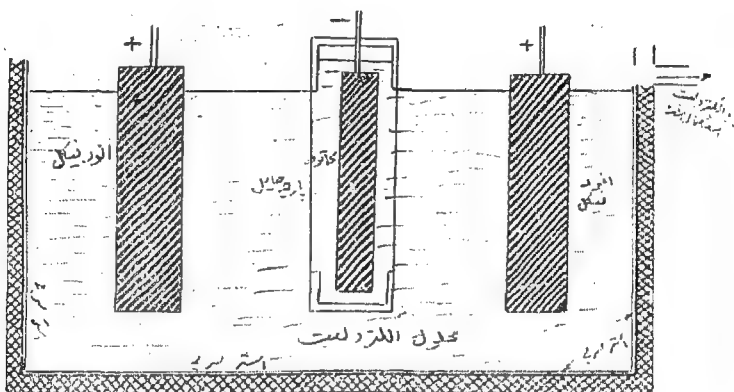
تجزیه و تفکیک از یک برج استوانه‌ای شکل تشکیل یافته. و از خارج عیناً مانند برجهای قبلی میباشد ولی درون آن از شش قسمت مرکب شده، به قسمیکه میتوان هر قسمت را از خارج بوسیله اشتعال گاز مولد گرم نمود. نیکل کاربونیل به حالت بخار از قسمت فوقانی برج وارد شده و در مسیر نزولی به نیکل خالص که شکل ساچمه در آمده و دائماً در جریان اند و در گرمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد میباشد تماس نزدیک پیدا کرده، نیکل کاربونیل تجزیه شده و ذرات نیکل خالص روی سطوح کروی ساچمه‌های می‌نشیند و در نتیجه به‌طور آنها می‌افزایند ولی اکسید دو کربن آزاد گشته و متصاعد میگردد.

بنا بر این محصول طریقه موند نیکل ساچمه ایست که محتوی $7.99/8$ Ni میباشد و مدتی که لازم است قطریک ساچمه به ۱ سانتی متر برسد اقلایش ماه است. آنچه که از برج وسطی یعنی برج تبخیر و تصعید باقی میماند ببرج اولی فرستاده میشود و مجدداً داخل عملیات میگردد. در اینجا باید متذکر شد که این تنها وبگاه کارخانه ایست در دنیا که نیکل خالص را بدین طریق بدست می‌آورد.

دوم - تصفیه نیکل بطریق الکترولیز - سولفور نیکل ($NiSO_4$) که از گداز ناوای طریقه اورفور بدست می‌آید ابتداء با آب شسته تا اینکه املاح سدیم حل شده و بر طرف شوند سپس آنرا خشک کرده و در دستگاه تشویه دوات لوئید یا وژ تشویه ندوده تا محتوی گوگرد پائین آید و به ۰.۰۵ درصد و در نتیجه قسمت معظم سولفور نیکل تبدیل به اکسیدان شود. آنگاه اکسید ناخالص نیکل را بوسیله زغال در کوره شعله احیاء نموده و نیکل فلزی را در قالب هانی انود میریزند.

اندازه انود $0.90 \times 0.68 \times 0.4$ متر و وزن ۲۰۰ کیلو گرام است. ترکیب شیمیائی آن از این قرار است: نیکل ۹۰ - ۹۵٪ مس ۲ - ۴٪ آهن ۰.۷۵ - ۱٪ گوگرد ۰.۲ - ۰.۷۵٪. الکترولیز در حوضچه‌هایی با بعد ۸ متر طول و ۸۵ متر عرض و ۱۳۰ گودی که از تخته با آستر سربی و با اسفلات ساخته شده انجام میگردد. محلول الکترولیت از سولفات نیکل که محتوی ۴۰ گرام نیکل آزاد و ۲۰ گرام اسید بوریک و ۳۵ گرام سولفات دوسود در هر لیتر میباشد تشکیل یافته است. در اثر جریان نیروی برق نیکل و مس و آهن

حل شده و بداخل محلول الکترولیت میروند و برای اینکه از ته نشین شدن فائزاتی مثل مس و آهن بر روی کاتود جلوگیری شود ، معمولاً کاتود را که از نیکل خالص است در یک کیسه یا پارچه محکم و ریزبافی آویزان میکنند و محلول الکترولیت را با سرعتی از درون پارچه عبور میدهند تا اینکه یونهای مس و آهن فرصت رسوب کردن و نشستن روی کاتود را نداشته باشد . در حقیقت یونهای نیکل که از انود جدا میگردند و در



(شکل ٢٢٨) حوض الکترولیز نیکل

محلول الکترولیت شناورند مستقیماً روی کاتود رسوب نمیکنند بلکه با یونهای آهن و مس کاملاً مخلوط میباشند و باید آنرا تصفیه نمود و بداخل کیسه ای که در آن کاتود معلق است بجهت انداختن از این جهت محلول الکترولیت را از حوضچه ها بیرون آورده و در مخازن دیگر با دانه های نیکل خالص تکان داده و بهم میزنند تا مس رسوب کند؛ اما آهن را در اثر تهویه اکسیده میکنند ؛ یعنی بدرون محلول الکترولیت هوا دمیده و در نتیجه هیدرات آهن تشکیل شده و بصورت رسوب سنگین قهوه رنگی ته نشین میشود . حال محلول زلال الکترولیت که خالی از مس و آهن است بوسیله تلمبه بدرون کیسه ای که در حوضچه های الکترولیز معلق است میریزند و در اینجا یونهای نیکل بدون مایع روی کاتود رسوب کرده و بر حجم و وزن آن میافزایند و قتی که وزن صفحات کاتود به ٥٥ کیلو گرام رسید آنها را بیرون آورده و مجدداً در کوره شعله گذاخته و بر حسب تقاضا با اشکال مختلف در میآورند .

رسوبات حوضچه ها که معمولاً به «لجن انود» معروف اند بیرون آورده ، با

آب شسته و در کوره شعله تشویه میکنند، ولی بمنظور بدست آوردن فلزات گران بهائیکه در مواد اولیه نیکل موجود بودند عملیات لازمه شیمیائی را انجام میدهند در بازارهای فلزات، نیکل خالص را یا بشکل شمش هائی بابعاد $۰/۳۷ \times ۰/۴۰$ $۰/۰۸ \times$ متر و بوزن $۲۲/۵$ کیلو گرام و یا بشکل ساجمه؛ حب و دانه که در بشکتهای ۲۲۰ کیلو گرامی قرار گرفته اند و یا بشکل صفحات کاتود و یا بصورت نیکل هالیابل (چکشخوار) و یا بشکل املاح مختلف نیکل بفروش میرسانند.

موارد استعمال نیکل - موارد کاربری صنعتی نیکل و هم بسته های آن بسیار زیاد و متنوع میباشد و از نقطه نظر اهمیت و کمیت استعمال نیکل در اشیاء صنعتی موارد آن بترتیب از این قرار است.

۱ - پولاد نیکل دار ۲ - فلز مونل ۳ - هم بسته نیکل و نقره ۴ - هم بسته نیکل و مس ۵ - آب دادن بانیکل ۶ - هم بسته نیکل و کروم و آهن یا هم بسته هائیکه در گرما مقاومت و استحکام خود را ازدست نمیدهند ۷ - نیکل چکشخوار ۸ - سکه جات ۹ - املاح نیکل ۱۰ - کاتالیزور Catalysts و اکسید نیکل در صنایع کوزه گری و چینی سازی.

پولاد نیکل - پولاد نیکل دار در سال ۱۸۸۹ بوسیله جیمز رایلی (James Riley) در شهر گلاسگو ساخته شده و از آن بعد مورد استعمال آن بسرعت عجیبی زیاد شد زیرا در نتیجه آزمایشهای زیاد معلوم گردید که اضافه نمودن نیکل به پولاد بسیاری از خواص آنرا بدون کم کردن و کاستن از خواص دیگر بهتر میسازد و اگر کروم هم با نیکل اضافه گردد اثرات مفیدی که نیکل در پولاد ایجاد مینماید زیاد تر و شدیدتر میسازد.

مقدار نیکل به تنهایی در پولاد بین $۰/۵$ - $۳/۵$ تغییر میکند و پولاد نیکل دار موارد استعمال زیادی در صنایع اتوموبیل سازی، در ساختن دنده؛ میل لنگ و ریخته گریهای مختلف و در بله های فلزی و دریل راه آهن مخصوصاً در نقاط تقاطع و منحنی ها در انکو مو تیوها در ساختن ابزارهای مختلف واره های نواری، میل و تواله تفنگ و فشرها و پرده های توربین ها دارد. هم بسته نیکل با کروم یکدسته از پولاد های رنگ ناپذیر را تشکیل میدهند که

مهمترین نوع آنها ترکیبی است که محتوی ۱۸٪ کرومیم و ۰۸٪ نیکل است و موسوم به فلز ۸/۱۸ میباشد. پولاد های نیکل داری که محتوی نیکل آنها بین ۲۵ - ۴۰٪ نیکل میباشد برای استفاده از خواص فساد ناپذیری و منبسط نشدن در گرمای زیاد بکار میروند. پولادیکه محتوی ۳۶٪ نیکل است موسوم به این وار (Invar) بوده و ضریب انبساط آن صفر است. این فلز در ساختن ساعت ها و اندازه گیرهای فلزی و در مساحی و نقشه برداری بسیار معمول و متداول میباشد.

پولادیکه محتوی ۸۰٪ نیکل و ۲۰٪ آهن است و در اصطلاح موسوم به پرمالوی (Permalloy) است دارای خواص مقناطیسی خوبی بوده و بدین منظور بکار میرود. قوی ترین مقناطیس و آهن ربا های صنعتی را از همبسته نیکل و کبالت میسازند و بهترین آنها محتوی ۲۰٪ نیکل؛ ۵٪ کبالت؛ ۱۲٪ آلومینیم و ۶۳٪ آهن است اخیراً بسیار معمول گردیده که در چدن مقداری نیکل اضافه شود که بآن خواص متمایزی بدهد.

۲ - فلز مونل (Monel) - مونل هم بسته طبیعی نیکل و مس و مقداری آهن و مانگانهز است و نوعیکه زیاد در صنایع فلزات بکار میرود از ۶۷٪ نیکل؛ ۲۸٪ مس و ۵٪ آهن ترکیب شده است. در مواد معدنی نیکل که مقداری مس نیز موجود است مثل بعضی مواد معدنی معادن کشور کانادا در حین استخراج نیکل از اینگونه مواد اولیه مرحله ای میرسد که دیگر سعی نمیشود مس را از نیکل جدا سازند و همچنان این عنصر را باقی گذاشته که با نیکل تشکیل هم بسته دهد. این همبسته معروف به فلز «مونل» میباشد و موارد استعمال زیادی پیدا کرده است زیرا میتوان آنرا نورد کرد بصورت سیم و مفتول در آورد و در قالبهای مختلف ریخت، به علاوه میتوان آنرا جوش داد و بر روی آن احیم کاری نمود.

۳ - همبسته نیکل بامس - این دو فلز با هم در درجات و اندازه های مختلف قابل حل بوده و تشکیل همبسته میدهند. همبسته هائیکه دارای مس بیشتر و نیکل کمتری هستند برنگ قرمز در میانند ولی هر قدر محتوی نیکل زیاد شود رنگ آنها سفید تر و برنگ نیکل خالص نزدیک میشود. از این دو فلز همبسته های مختلفی میسازند که

محتوی نیکل آنها بین ۲۵ - ۷۰٪ نیکل تغییر میکنند.

۴. همبسته نیکل و مس و روی که در اصطلاح معروف به نقره آلمانی و بارش و میباشد در بسیاری از فلز کاریها از قبیل کارد و چنگال و وسایل غذاخوری بکار میروند. به علاوه در جواهر سازی و قاب و قالب ساعت ها و سماور و ظروف دیگر زیاد معمول شده است. عناصر ترکیب کننده آن بر حسب استعمال تغییر میکنند و در این حدود میباشد نیکل ۳۰ - ۵۰٪؛ مس ۴۵ - ۷۵٪؛ روی ۵ - ۳۰٪.

از نقطه نظر مقاومت در برابر اثرات اسیدها و قلیائی ها و زنگ زدن و سائیده شدن، از نیکل و همبسته های آن ظروف مختلفی برای غذا خوری و آبشستن مواد دهنی و لبنیات و برای حمل و نقل رنگ و روغن جات و مواد اولیه کارخانهجات شیمیائی میسازند.

از نقطه نظر مقاومت در برابر گرمای زیاد، نیکل را در اغلب فلز هائیکه در ساختمان قالب های شیشه و بلور سازی و داخل مشعل ها Burners و شمع های الکتریکی برای تولید جرقه در اتوموبیل و غیره بکار میبرند. از نقطه نظر خوش رنگی و لطافت سطح خارجی و بسیاری از اشیا، مسی و آهنی و پولادی را از نیکل آب داده که بخود جلای عالی و رنگ نقره قام بگیرد آب دادن بوسیله تجزیه الکتریکی نیکل انود ۸۰ - ۹۰٪ نیکل در محلول الکترولیت سولفات نیکل آمونیاک دار صورت میگیرد.

نیکل ایران

سنگهای معدنی سولفور و آرسنور نیکل مخلوط با سنگهای کانی مس در معادن تالمسی و مسکنی و بخصوص در سنگهای آذری سرپانتین معادن ترکمنی، گوده مراد و چاه شوره در ناحیه انارک یافت شده و تاچندی قبل که عملیات استخراج و بهره برداری از اغلب معادن نامبرده با برنامه مرتب و معین و بسا جدیدی انجام میگرفت مقداری از سنگهای معدنی نیکل نیز استخراج نموده. و در سر معدن تالمسی گذاشته و مبدل بداشپایس نیکل (Nickel Speiss) مینمودند. عملیات گداز در کوره شهادای کوچک ۵ تنی که در سر معدن تالمسی بنا شده بوده صورت میگرفت. ابتدا سنگهای معدنی و مواد اولیه

نیکل دار را در موقع سنك جوری از سنگهای معدنی دیگر جدا نمود . و پس از آنكه بمقدار کافی جمع آوری میشد در يك كوره شعله ای تشویه کرده تا گوگرد و ارسنیک محتوی آنها، پائین آید ؛ سپس مواد تشویه شده را از كوره خارج کرده ، سرد نموده و مقداری سنك آهك و سر باره های كهنه مخلوط نمود و در نتیجه ، باری مناسبی ساخته و در كوره شعله ای دیگری شدیداً گرما داده تا اینکه نیکل و مس موجود بصورت ماده مذابی در آمده و تشکیل اشپایس دهند . محتوی نیکل در این اشپایس در بین ۴۰ - ۴۵٪ (Ni) بود . و این ماده را در همین حالت بفروش میرسانیدند ، زیرا وسایل عملیات تصفیه و بالا بردن عیار نیکل به نیکل صد در صد خالص فعلاً در کشور موجود نیست . اثرات املاح و سنگهای معدنی نیکل در رباط سفید واقع در یکصد کیلومتری جنوب مشهد نیز مشاهده گردیده و لسی متاسفانه اطلاعات زیادتری هنوز در دست نیست تا بتوان ارزش حقیقی و اقتصادی آنها را تعیین نمود

کبالت

خواص فیزیکی و شیمیایی - کبالت فلز بست آبی رنگ مایل بسفید، بوزن مخصوص ۸/۷۹ و نوع خالص آن در ۱۶۱۰ درجه سانتی گراد و نوع بازرگانی آن بین ۱۴۴۰-۱۴۸۰ درجه سانتیگراد گداخته میشود. درجه قلیان آن بطور یقین هنوز معلوم نگردیده است. در صورت ظاهر و در بسیاری از خواص عمومی، کبالت شباهت زیادی به نیکل دارد و در تناسب های مختلف این دو فلز در یکدیگر قابل حل بسوده و بصورت همبسته در می آیند. در بسیاری از مواد معدنی نیکل: کبالت نیز وجود دارد و چون وجود این فلز چندان تأثیری در خواص عمومی نیکل نمیکند، لذا اگر مقدار آن در نیکل کم و ناچیز باشد بهمان حال باقی گذاشته شده و این دورا از یکدیگر جدا نمیکند. کبالت فلزی خالص در خواص میکانیکی از نیکل خالص و سخت تر و محکم تر بوده و برای آب دادن مناسب تر از نیکل و کروم است، ولی نظر به کمیابی و گرانی قیمت این فلز چندان مورد استعمال صنعتی ندارد زیرا بهای بازرگانی آن چهار برابر نیکل میباشد و سالیانه در حدود ۲۰۰ تن از معادن کشورهای مختلف استخراج میگردد.

یکی از خواص برجسته و متمایز کبالت، خاصیت آهن ربائی دائم آن میباشد. این خاصیت را حتی در گرمای ۱۱۵۰ درجه سانتی گراد در خود نگاه میدارد؛ در صورتیکه آهن فقط تا ۷۶۸ درجه و نیکل تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد حالت مغناطیسی دارند و در درجات بالاتر خاصیت مزبور را بکلی از دست میدهند.

علامت شیمیائی کبالت (Co) بوزن اتمی ۵۸/۹۷؛ با فلزات دووالانسی میباشد در اغلب اسیدها و مخصوصاً در اسید نیتریک حل شده و تولید املاح کبالت و کبالتیک مینماید؛ ولی املاح مزبور در آب باسانی حل میشوند.

مواد اولیه و سنگهای معدنی - کبالت فلز بست نسبتاً کمیاب و در نقاط محدودی در قشر زمین تا بحال اکتشاف شده و مورد بهره برداری واقع گردیده. مهمترین نواحی

که در آنها کبالت بعدد قابل استخراجی یافت میشود عبارتند از: ۱- ناحیه «کبالت» در ایالت اونتاریو در کشور کانادا ۲- در ناحیه میسوری در ایالت متحده آمریکا ۳- در جزیره کالدونی جدید ۴- در ناحیه کاتانگادر کنگوی بلژیک ۵- در زودسی شمالی در آفریقای جنوبی ۶- در مراکش ۷- در آلمان ۸- در استرالیا.

اصولاً کبالت بیشتر در گره های نیکل و کمتر بامس توأم و باهم بوجود آمده اند و میتوان گفت که در اغلب سنگهای نیکل دار، کبالت هم نیز کم و بیش یافت میشود. سنگهای معدنی کبالت عبارتند از سولفور و آرسنور که با سنگهای سولفور و آرسنور نیکل توأم در یک جا یافت و در یک حالت بوجود آمده اند.

مهمترین آنها عبارتند از ۱- کبالتیت (Cobaltite) بغورمول (CoAsS) ۲- اسمالتیت (Smalltite) بغورمول (CoAs) ۳- اریتمین (Erytine) بغورمول (CoAsO. 8HO) و بشکل ناخالصی در بسیاری از مواد معدنی نیکل از قبیل (NiS) (NiAs) و میس پیکل (FeAsS) موجود میباشد.

اصول استخراج

بطور کلی تهیه و استخراج کبالت فلزی خالص بسیار پیچیده و بفرنج و شامل عملیات زیادی میباشد، زیرا از طرفی مواد اولیه و معدنی آن در محتوی فلزی فقیر بوده و از طرفی دیگر این عنصر همیشه به همراه عناصری مانند نیکل - مس - آرسنیک - آهن و انتی موان میباشد که در هر مرحله يك یا چندی از آنها را بساید جدا نموده و بر طرف ساخت. متأسفانه تا بحال طرق استخراج عملی کبالت از مواد اولیه آنطوریکه باید و شاید از طرف کارخانجات تولید کننده در دست رس هنرآموزان و دانشجویان اصول استخراج فلزات قرار نگرفته «وفوت کاسه گری» آن افشاء نشده است ولی طریقه ای که به منظور بررسی در اینجا ذکر میشود شامل مراحل زیرین است.

۱- گداز مواد اولیه در کوره باند جهت تحصیل اشپایس (Speiss) توضیح آنکه اشپایس بترکیب مات است جز اینکه بجای گوگرد، آرسنیک دارد.

۲- تشویه اشپایس برای پائین آوردن مقدار آرسنیک و تقطیر آن.

۳- تبدیل مواد تشویه شده بسولفات و حل کردن در اسید سولفوریک

۴ - برطرف نمودن مس و آهن موجود در مواد عمل شده .

۵ - رسوب دادن اکسید کبالت و احیاء آن برای بدست آوردن کبالت فلزی

۹ - گداز در کوره بلند - پس از سنگ جو ری و طبقه بندی مواد معدنی ، آنها یکبه نسبتاً در محتوی فلزی غنی بوده با مقداری مواد گداز آ ورمخاوط کرده و در کوره بلند و اثر ژاكت با سوخت کافی (كك بمقدار ۱۲٪ وزن بار) گداخته و محصولی بشکل اشپایس بدست می آورند . بطوریکه گفته شد اشپایس يك ارسنور مصنوعی میباشد که از آرسنور کبالت و نیکل تشکیل شده و ترکیب شیمیائی آن عیناً شبیه به مات است جز اینکه در عوض گوگرد، اشپایس محتوی ارسنیک میباشد و عناصر ترکیب کننده آن در این گداز عبارتند از : کبالت ۲۰٪ ؛ نیکل ۱۲٪ ؛ آرسنیک ۲۳٪ ؛ آهن ۱۸٪ ؛ مس ۳٪ ؛ آنتیموان ۱۰٪ ؛ نقره ۵/۲۴ کیلو گرام در تن

در گداز و استخراج مس از مواد اولیه گوگرد دار ، ذکر شد برای اینکه مات مس در گداز اولیه تشکیل شود ، باید در بار کوره مقدار معینی گوگرد موجود باشد و اگر نه مقدار زیادی مس به سر بازه رفته و تلف میشود در گداز مواد اولیه کبالت هم باید مقدار کافی و لازم آرسنیک موجود باشد ؛ تا اینکه اشپایس حاصل شود ؛ و اگر نه مقدار معتدلی کبالت و نیکل بداخل سر بازه رفته و بازیافت آنها مشکل خواهد بود . از نقطه نظر فعل و انفعالات شیمیائی که در حین گداز وقوع مییابند : میل ترکیبی نیکل با آرسنیک در درجه اول و بعد کبالت و در درجه سوم آهن است و اسی در میل ترکیبی با اکسیژن ، آهن در درجه اول ؛ کبالت دوم و نیکل سوم است ؛ از این لحاظ باید درجه گرمای کوره را کاملاً در اختیار داشت تا بتوان مانع از اکسید آسیون آهن بشود و اگر نه تمام نیکل و کبالت تشکیل اشپایس نخواهند داد .

۴ - تشویه اشپایس و کم کردن آرسنیک - محصول کوره بلند را در ماشینهای سنگ شکن خرد کرده و بعداً آسیا کرده تا به حالت گرد در آید . در این حالت مواد را به دستگاه تشویه فرستاده و تا گرمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد گرماده تا اینکه قسمت معظم آرسنیک و آنتیموان تبخیر و تصفید شده و در آلات های مخصوصی

تقطیر شوند .

معمولاً تشویه را طوری عمل میکنند که مقدار آرسنیک لا اقل به ۰.۹٪ As برسد اگر در اشیايش مقدار معتنايی نقره موجود باشد ، پس از تشویه مواد را در محلول سیانورپتاسیم یاسدیم حل نموده و بوسیله آلومینیم رسوب داده و رسوب را با مواد گدازآور مناسب گداخته و نقره را بدست میآورند .

۳- سولفات‌ها نمودن مواد تشویه شده - پس از جدا نمودن نقره ، بقیه اشیايس تشویه شده را به مخازن آهنی که محتوی اسید سولفوریک غلیظ اند انتقال داده و آنقدر مخلوط کرده و بهم زده تا اینکه مواد بصورت محلول صابون غلیظ یا لجن در آیند اگر غلظت اسید و درجه گرمای فعل و انفعالات کافی باشد ، اغلب عناصر فلزی موجود مانند مس - آهن - آرسنیک - انتی موان - نیکل و کبالت بصورت سولفات های قابل حل در آب در میآیند . بدین لحاظ مواد غلیظ شده و چسبیده را به مخازنیکه محتوی آب است انتقال داده که در آن املاح سولفات حل شوند و برای اینکه بقیه انتیموان و قسمت بیشتر آرسنیک - آهن و نقره موجود ته نشین شوند ، لازم است قدری آهک اضافه شود . پس از ته نشستن مواد ، محلول را از صافیهای میکانیکی عبور داده و مواد رسوب شده را خشک کرده و مجدداً در کوره بلند با مواد اولیه میگذازند .

۴- بر طرف نهودن مس و آهن - محلولیکه از صافیها میگذرد ، در حوضچه هایی با آهک مخلوط کرده تا آهن - آرسنیک و آرسنات آهن ($FeAsO_4$) رسوب نمایند . سپس مواد ته نشین شده را از محلول جدا نموده و به محلول صاف شده مقداری کربنات دوسود اضافه نموده تا اینکه مس بصورت کربنات مس رسوب کند . اگر در این مرحله نیکل و مقداری کبالت نیز رسوب کرد ، میتوان این دو عنصر را بوسیله تبلور نمودن مس بصورت سولفات مس و یا رسوب دادن بر روی آهن اسقاط جدا نمود .

۵- رسوب دادن و احیاء اکسید کبالت - به محلول صاف شده در این مرحله که عاری از عناصری مانند ارسنیک - انتی موان - مس و آهن است مقداری همیوکلوریت سدیم اضافه کرده تا اینکه کبالت بشکل $Co_2O_3 \cdot 3H_2O$ رسوب کند و برای اینکه این عمل صورت گیرد و اکسید کبالت رسوب نماید لازم است مقدار درصد کبالت در

محللول به مراتب بیش از نیکل باشد والا نیکل با کبالت نیز باین می آید . بالاخره اکسید کبالت را پس از صاف نمودن و خشک کردن در کوره الکتریکی کوچکی گداخته و کبالت فلزی که در حدود ۹۹٪ Co خالص است بدست می آید .

کبالت فلز را معمولاً بشکل میلله هائی بقطر ۲ سانتی متر و یا بشکل ساجمه و حب و یا صفحه ریخته و بفروش میرسانند ولی کبالتیکه در صنایع فخار و چینی سازی بکار میرود بیشتر بحالت اکسید کبالت بوده و در بشکه بفروش میرسد .

کبالت فلزی به خلوص ۹۷٪ بوده و ناخالصیهای آن عبارتند از نیکل - کربن - آهن - مس - سیلیسم و مانگانیز که هر يك از آنها نباید بیش از ۰/۵٪ باشد . اکسید کبالت را در دو نمره : ۱ - محتوی ۷۵٪ CoO_2 و ۲ - محتوی ۷۰٪ اکسید است بفروش می رسانند .

موارد استعمال کبالت - کبالت فلزی به تنهایی و خالص مورد استعمال صنعتی ندارد ولی کبالت با کروم و نیکل و آهن همبسته های مفیدی تشکیل داده که دارای خواص متمایزی میباشند . همبسته کبالت با کروم که معروف به استیلیت (Stellite) است بهترین فلزیست که از آن ابزارهای تند برش جهت سوراخ کردن و کندن فلزات دیگر میسازند . فلز نامبرده در حرارت های زیاد سختی و استقامت خود را از دست نداده و زنگ ناپذیر است . استیلیت را به ترکیب های مختلف که محتوی ۵۰ - ۹۰٪ کبالت و ۱۰ - ۳۵٪ کروم میباشد میسازند . يك نوع آن دارای این ترکیب میباشد کبالت ۵۹/۵٪ - کروم ۱۰/۷۷٪ - آهن ۳/۸۱٪ - مانگانیز ۰/۲۰۴٪ - سیلیسم ۰/۰۷۷٪ - کربن ۰/۸۷٪ - ملبدنم ۰/۲۲/۵٪ معمولاً استیلیت را بقطعات پولادی جوش میدهند .

همبسته کبالت با آهن بهترین آهن رباهای دائمی را تشکیل داده و انواع مختلف آنها عبارتند از : همبسته Fe - Ni - Al - Co محتوی ۲۴ - ۳۰٪ نیکل - ۹ - ۱۳٪ آلومینم ۵ - ۱۰٪ کبالت و بقیه آهن

همبسته Fe - Ni - Co - Ti محتوی ۱۰ - ۲۵٪ نیکل - ۱۵ - ۳۰٪ کبالت

۸ - ۲۵٪ تیتانیوم و بقیه آهن

همبسته Fe - Co - Mo محتوی ۰/۰۱۲ کبالت، ۰/۰۱۶ Mo و ۰/۰۷۲ آهن میباشد و یک نوع دیگر آهن ربای دائم که اخیراً ساخته شده و زیاد معمول گردیده و با اسم آلنیکو (Alnico) معروف است محتوی ۰/۲۰ نیکل، ۰/۰۵ کبالت، ۰/۰۱۲ آلومینیم و ۰/۰۶۳ آهن است.

اکسید کبالت CoO_2 در صنایع فخار و کاشی و چینی سازی و در رنگ های مختلف صنعتی و در لعاب گیری اجسام فلزی زیاد بکار میرود. همچنین در شیشه و بلور سازی زیاد استعمال میشود.

کبالت ایران

در سنگهای آرسنورنیکل (NiAs) و (NiAs₂) موسوم به Kupfernickel و Cloanthite و سولفور نیکل (NiS) موسوم Millerite که از معادن گوده مراد چشمه کریم در ۴۵ کیلومتری شمال غربی و از معدن چاه شور در ۱۷ کیلومتری شمال انارک استخراج میشوند مقداری کبالت موجود است ولی کبالت محتوی بدخل اشپایس نیکل که از گداز اولیه این مواد حاصل میشود رفته و همچنین در آن باقی میماند گفته شده است چند نمونه های کبالت داری مانند کبالتیت از اطراف قمصر کاشان بدست آمده ولی اطلاعاتیکه در باره وجود این فلز در دست است ناقص و بسیار مقدماتی میباشد.

فصل سی ام

وانادیوم تانگستن ملبندم یورانیوم

وانادیوم (وزن اتمی ۵۰/۹۵)

طرز بوجود آمدن - در طبیعت هیچگاه و انادیوم بطور آزاد یافت نمیشود و اگرچه سنگهای معدنی آن در بسیاری از نقاط مختلف زمین بشکل نامرتبی کشف کشف گردیده ولی در هیچ نقطه مقدار آن زیاد و فوق العاده نبوده است .
سنگهای معدنی مهم آن عبارتند از: Roscoelite و Carnotite و Vanadinite و Patronite Mottriamite
در برخی از سنگهای معدنی آهن و گاهی در خاکستر زغال قهوه Lignite این عنصر دیده میشود .

پاترونیت (Patronite) یا سولفور ناخالص و انادیوم در کشور پرو اکتشاف شده است . فورمول شیمیایی تقریبی آن (V_2S_9) و تا اندازه با مواد زغالی و پیریت و گوگرد مخلوط میباشد . رنگ آن سبز؛ مایل بسیاهی و در حدود ۱۶ - ۲۴٪ اکسید وانادیوم و ۵۰٪ گوگرد دارد .

روسکوالیت (Roscoelite) - سیلیکات مختلط وانادیوم و بسیاری از فلزات دیگر بوده و فورمول شیمیایی آن $(SiO_3)_{12}(Al, V)_4(Mg, Fe)_2K_2$ میباشد . در طبیعت بشکل فلز های ریز و کوچک برنک سبز قهوه در خاک منتشر است ، فعلا این ماده در ایالت کولورادو، در ایالت متحده امریکا بمقادیر زیاد استخراج میگردد .

کارنوئیت (Carnotite) - اهمیت این ماده بیشتر از نقطه نظر محتویات رادیوم و اورانیوم بوده ولی چون محتوی ۳ - ۵٪ اکسید وانادیوم میباشد لذا آنرا جزء مواد اولیه این عنصر محسوب میدارند. این ماده معدنی در ایالت کولورادو و بمقادیر کمتری در برتقال و در استرالیا کشف گردیده است . فورمول تقریبی آن عبارت است

$K_2O \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot 3H_2O$ بوده و بلورهای زرد رنگی دارد.

وانادینیت (Vanadinite) یا وانادات و کلورور سرب در بسیاری از نقاط اتازونی و در مکزیک و اسپانیا یافت میشود و بلورهای قرمز و نارنجی رنگی دارد. فورمول تقریبی آن $PbCl_2 \cdot V_2O_5 \cdot 3Pb_3$ میباشد.

اصول استخراج

طرق استخراج این فلز از مواد معدنی آن بر حسب نوع و جنس مواد اولیه تغییر میکنند و کم و بیش برای هر نوع اصول معینی پی روی میشود. مثلاً اگر مواد معدنی از سنگ (Patronite) باشد ابتداء پس از شستن و پرعیار نمودن، آنرا تشویه نموده که گوگرد آن کم شود. سپس در اسید سولفوریک حل کرده تا ناخالصیهای موجود در آن حل شده و سپس صاف کرده، تبخیر نموده و پس از تبخیر اکسید و انادیوم حاصل میشود، یا ممکن است پس از بین بردن گوگرد با عمل تشویه مواد تشویه شده را با مقداری مواد قلیائی مخلوط کرده و وانادیوم حل شده را بشکل وانادیت سدیم یا وانادات سدیم بدست آورده و بعداً با حل کردن آن در اسید سولفوریک، اکسید و انادیوم V_2O_5 نتیجه شود.

اگر ماده معدنی Roscoelite باشد، ابتداء آنرا با مقداری نمک طعام و پیریت نرم شده مخلوط کرده و پس از خشک کردن در یک کوره تشویه مدت سه ساعت تشویه میکنند؛ بعداً مواد تشویه شده را در مخزنیکه محتوی آب است ریخته و صاف میکنند. زیرا وانادیوم بشکل وانادات سدیم در آب حل میشود. باین محلول مقداری سولفات آهن اضافه نموده و در نتیجه و انادات آهن رسوب میکنند. اما اگر ماده معدنی Carnotite باشد، چون در این سنگ مقدار معتدلی فلزات رادیوم و اورانیوم موجود است، لذا طریقه، استخراج را طوری وضع کرده اند که حتی المقدور رادیوم آن گرفته شده و بعداً اورانیوم و وانادیوم بدست آیند. مراحل مختلفه عمل عبارتند از:

۱ - شستن با اسید - ۲ اضافه نمودن کربنات دوسود محلول - ۳ - جوشاندن و گداختن بوسیله بیسولفات دوسود - ۴ - ذوب و استخراج.

و انادیوم فلزی و وانادیوم را میتوان بوسیله الکترولیز و انادات کلسیم در محلول

نری اکسید و انادایوم آزاد نمود. معمولاً کلرور و انادایوم را در میدرژن بطریقه الومینوتری احیاء نموده و انادایوم بصورت گرد بدست میآید و انادایوم فلزی از پولاد و حتی از کوارتز سخت تر است. بخوبی صیقل گرفته و هوا و رطوبت در آن تأثیری ندارند. اگر و انادایوم را دفعتاً روی شعله برتاب کنند و باد در مجاورت اکسیژن گرمادهند فوراً آتش گرفته و با شعله نورانی میسوزد.

فرو و انادایوم. چون مورد استعمال این عنصر کم یاب بیش از هر چیز در ساختن پولاد های ویژه میباشد. از این جهت و انادایومی که در کارخانجات پولاد سازی بکار میرود همیشه بصورت همبسته فرو و انادایوم Ferrovandium میباشد. سابقاً متجاوز از ۷۵٪ محصول دنیا را در ایالات متحده امریکا در کوره های شعله زیرمنس مارتن یادربوته بطریقه الومینوتری میساختند و ۲۵٪ بقیه را در کوره های الکتریکی با ماده احیاء کننده سیلیسیم ۹۰٪ بدست میآوردند. فعلاً فرو و انادایوم را در کوره های الکتریکی با احیاء نمودن بوسیلۀ زغال میسازند و ترکیبی که حاصل میشود محتوی ۳۰ - ۴۰٪ و انادایوم ۵۰٪ سیلیسیم ۲۰٪ گوگرد و ۱۰٪ فسفر است. در نتیجه اضافه نمودن این عنصر به پولاد خواص از تجاعی آنرا بدون کم کردن خواص تورق و مفتول شدن زیاد میکنند و این پولاد را بیش از هر چیز بمصرف ساختن ابزار های «تندبر» و در قطعات اتوموبیل و الکتروموتیو و مته و چکش های حفاری بکار میبرند.

املاح و انادایوم را در صنایع سفالی - کاشی و چینی سازی و لعاب دادن و در صنایع شیمیائی بشکل کاتالیزور V_2O_5 در ساختن آمونیاک مصنوعی و اکسیداسیون SO_2 بمنظور تولید اسید سولفوریک بکار میبرند.

تانگستن

وزن اتمی - ۱۸۳٫۹۴

سنگهای معدنی تانگستن عبارتند از ۱- اکسید طبیعی آن بفورمول (WO_3)
۲- ولفرامیت (Wulframite) بفورمول $(Fe^{+}Mn)(WO_4)_2$ ۳- هونبریت (Aubnerite) بفورمول $MnWO_4$ ۴- فربریت (Ferberite) بفورمول $(Fe^{+}MO_4)$
و ۵- شیلیت (Scheelite) بفورمول $(CaWO_4)$ که بشکل رگه در سنگهای محیط به توده های گرانیت به همراهی فلزات دیگر منجمله قلع بوجود آمده اند. مهمترین ممالک تولید کننده عبارتند از کشور چین در درجه اول؛ ایالات متحده آمریکا در درجه دوم؛ سپس بولیوی - انگلستان - پرتغال و شبه جزیره مالزی در درجه سوم می آید. مواد معدنی را پس از استخراج تحت عملیات تهیه و آرایش قرارداد تا قسمت مواد خاکی و کم ارزش آنها گرفته شده و سنگ پر عیار که محتوی ۶۰ - ۷۰٪ (WO_3) باشد بدست آید. محصول سالیانه دنیا در سال ۱۹۳۶ در حدود ۳۱۰۰۰ تن بوده و البته در زمان جنگ بمرا تب بیش از این مقدار بوده است.

خواص عمومی تانگستن - خواص این عنصر از جهاتی منحصر بفرد بوده و از خصوصیات آن بشمار میرود. تانگستن بالاترین درجه گداز و قلیان را در بین سایر عناصر دارد. درجه گداز آن ۳۳۷۰ سانتیگراد و درجه قلیان آن در ۳۷۰۰ سانتی گراد تعیین شده است. هرگاه بطور مناسب و خوبی عمل شود و روی آن چکش کاری شود، تانگستن خاصیت مغنول شدن را بدرجه اعلا نشان میدهد و هر قدر باریکتر و نازک تر باشد براستحکام و نیروی درونی آن افزوده میگردد. بقسمیکه یک سیم تانگستن بقطر ۱/۳۵ میلیمتر دارای نیروی کشش ۴۱۳۰۰ کیلو گرام در سانتیمتر مربع میباشد، و تا کنون هیچ فلزی این اندازه نیرو را از خود نشان نداده است و میتوان گفت که تانگستن یک عنصر فلزی است که خواص مغنول شدن و استحکام را تماماً و با هم بیش از هر فلز دیگری دارا بوده و از خود نشان میدهد. دیگر

اینکه اگر دانه بلورهای تانگستن همگن و متساوی‌المحور باشند، در این حالت خیلی شکننده است ولی اگر دانه‌های آن بصورت الیاف و کشیده باشند، تانگستن بسیار نرم بوده و کشیده میشود. از این حیث عیناً بعکس بسیاری از فلزات میباشد.

تانگستن یکی از سنگین‌ترین فلزات بوده و وزن مخصوص آن 19.3 میباشد و این خاصیت در مفهوم اسم آن که بمعنی سنگ سنگین وزن است مستتر میباشد.

اصول استخراج

اولین مرحله در استخراج این عنصر از مواد اولیه و معدنی پرعیار نمودن آنها است که در نتیجه، اکسید تانگستن $60-70\%$ (WO_3) بدست میآید. مواد معدنی را با مقداری کربنات دوسود در کوره تشویه گداخته که تانگستات دوسود (Na_2WO_4) ترکیب شود. این ملح در آب کاملاً قابل حل است. آنگاه آنرا در آب ریخته و با آن مقداری اسید اضافه نموده تا (WO_3) بصورت رسوب زرد رنگی ته نشین شود. پس از آنکه کلیه اکسید تانگستن ته نشین شد، آنرا از صافیهای میکائیکی عبور داده و مواد رسوب شده را مجدداً در آمونیاک حل کرده و برای دفعه دوم رسوب میکند تا اینکه بالاخره اکسید خالص (WO_3) نتیجه شود بعداً تانگستن فلز را از احیاء نمودن (WO_3) بوسیله زغال با تیدروژن بدست میآورند. احیاء نمودن (WO_3) محصولی میدهد که محتوی 98% (W) بوده ولی اگر این عنصر بشکل صد درصد خالص مورد نیاز باشد اکسید تانگستن را باید با گاز هیدروژن احیاء نمایند.

محصول این عملیات بصورت گرد خواهد بود و برای اینکه تانگستن گرد را بشکل فلز و جسم صلب و سختی در آورند باید بعملیات زیر متوسل شد زیرا درجه گداز آن بسیار زیاد یعنی 3370 درجه سانتیگراد میباشد. گرد تانگستن را میتوان در قالب با کمی فشار بشکل میله در آورد و آنرا در گرمایی $1200-1300$ درجه سانتیگراد در جریان گاز تیدروژن قرار داد. سپس میله را به دو الکترود که نیز در گاز تیدروژن فرو رفته اند متصل نموده و با یک جریان قوی از درون آنها عبور داد. این نیروی الکتریکی باید گرمایی زیادی که برابر $3200-3300$ درجه سانتیگراد است تولید نماید و در این گرمایله را مدت $10-15$ دقیقه نگاه داشت تا اینکه ذرات آن کاملاً بهم بچسبند و مثل اینکه گداخته شده اند.

البته میله تانگستن در این حالت بسیار شکننده بوده و به تدریج شیشه می‌باشد.

مرحله دوم عملیات میکائیسکی است که بوسیله آن باید بلورهای متشکله و متساوی‌المحور آنرا تبدیل به بلورهای الیافی نمود، تا اینکه خواص مفتول شدن را بخود بگیرد. این عمل را ممکن است بوسیله نورد کردن سریع و یا چکش کاری بسیار سریع انجام داد. میله تانگستن را قدری حرارت داده و روی سندان چکش میکائیسکی قرار داده و با ضربات چندین هزار مرتبه در یک دقیقه آنرا چکش کاری مینمایند، تا در نتیجه از قطران کم شده و بطول آن افزوده گردد. در آغاز عمل درجه گرمای شمش تانگستن باید در حدود ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد باشد. ولی هر قدر از قطار شمش کم شود و بطول آن افزوده گردد میتوان از درجه و شدت گرمای لازمه کاست. برای تبدیل میله تانگستن به مفتول و سیم، ابتداء آنرا گرم کرده و از درون حذیده های الماس داری در سرعت زیاد عبور میدهند

تانگستن فلزی از احیاء نمودن تری اکسیدان (WO_3) بوسیله کربن یا روی صورت میگیرد. بجای روی میتوان مواد احیاء کننده از قبیل آلومینیم یا مانیزیم نیز بکار برد. عمل احیاء در بوت‌های پولادین سر بسته یا در لوله های پولادی انجام میشود و گرمای لازم برای احیاء آن با کربن بین ۹۵۰-۱۰۵۰ درجه سانتیگراد است. مخلوطی از اکسید تانگستن و کربن به نسبت ۱-۱۰ یا ۱/۵-۱ ساخته و آنرا در بوت‌های پولادی گرما داده و تانگستن فلزی بدست میاید که محتوی ۰.۹۸٪ (W) میباشد.

موارد استعمال تانگستن - تقریباً ۰.۹۰٪ محصول سالیانه این فلز بصورت فرو تانگستن Ferrotungsten در پولاد سازی برای ساختن پولادهای ویژه که از آنها ابزار و وسایل تند تراش که حتی در گرمای ۵۰۰-۷۰۰ درجه سانتیگراد سختی و استقامت خود را از دست نمیدهد بمصرف میرسانند. این نوع پولاد بین ۱۴-۲۵٪ تانگستن باضافه مقداری از عناصر دیگر از قبیل وانادیوم، کروم، کبالت و نیکل دارد ولی پولادیکه از آن آهن رباهای دائمی سازند در حدود ۰.۵٪ (W) دارد.

در آغاز اکتشاف این عنصر، نمیدانستند که با چه وسائل و تدابیری میتوان خاصیت مفتول شدن را در آن ایجاد نمود و از تانگستن سیم و مفتول ساخت. این حقیقت در

سال ۱۹۰۸ مکتشف شد و از آن تاریخ بپسند استعمال تانگستن بشکل سیم نازك در لامپهای چراغ برق و رادیو و غیره بسیار متداول گشت بقسمی که امروز ۱۰٪ محصول سالیانه بمصرف اینگونه اسبابها و وسایل میرسد گفته شده است که با يك تن اكسید تانگستن (WO_3) میتوان ۱۸ میلیون لامپ الكتریکی ساخت و روز بروز موارد استعمال این فلز و همسته های آن در صنایع الكتریسته و رادیو زیاد میشود .

ملبدنم

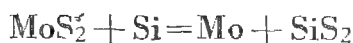
وزن اتمی ۹۵٫۹۴

طرز پیدایش - مهمترین مواد اولیه ملبدنم عبارتند از ۱- ملبدنیت Molibdenite بفورمول (MoS_2) ۲- ولفنیت Wulfenite بفورمول PbMoO_4 ۳- ملبدیت Molibdite بفورمول $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{MoO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ۴- ایزلمانت Islemanite بفورمول $\text{MoO}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ۵- و بایونزیت Belonesite بفورمول (MgMoO_4) و ۶- پاولیت Powellite بفورمول $(\text{Ca}^{+}\text{MoO}_4)$ میباشد که کمتر یافت شده و مورد استفاده قرار نمیگیرند. کشور های تولید کننده عبارتند از ایالات متحده امریکا - کانادا - استرالیا و نروژ.

اصول استخراج

نظر باینکه ملبدنم بیشتر بشکل فروملبدنم Ferromolybdenum در صنایع فولاد سازی بکار میرود لذا این همبسته را مستقیماً از مواد معدنی ملبدنم که تهیه و آرایش و بهر عیار شده اند بدست میآورند. از این جهت مواد تهیه شده را ابتداء تشویه نموده که سولفور تبدیل با اکسید شود و سپس با آمونیاك مخلوط کرده که ملبدات آمونیاك حاصل شود. در اثر گرما آمونیاك تصفیه شده و اکسید ملبدنم بدست میاید. اکسید ملبدنم را با گرد آلومینیم احیاء میکنند و ملبدنم فلزی بدست میاید. ملبدنم فلزی خاصیت چکش خواری دارد و سختی آن کمتر از شیشه است. وزن مخصوص آن ۹ و در ۲۵۵۰ درجه سانتیگراد گداخته شده و در ۳۳۵۰ درجه بقلیان در میاید.

فروملبدنم - فروملبدنم را از ملبدنیت (MoO_3) با اضافه نمودن ملبدات کلسیم با زغال یا سیلیسیم فلزی احیاء میکنند. فعل و انفعالات شیمیائی که صورت میگیرد عبارتند از: احیاء با کربن



احیاء با سیلیسیم

موارد استعمال - مهمترین موارد استعمال این عنصر کم یاب در پولاد سازی است ؛ زیرا اضافه نمودن ملبندم به پولاد، خواص ارتجاعی آنرا بدون کاستن خواص دیگر مخصوصاً خاصیت تورق و مفتول شدن را زیاد میکند و در اغلب اوقات و بویژه موقعیکه پولادهای تند تراش را میسازند بجای نانگستن که گران و کم یاب است ملبندم بکار میرود .

از موارد استعمال دیگر ملبندم در دواجات شیمیائی از قبیل مولبدات آمونیاک و در صنایع رنگ و لعاب سازی کاشی و چینی سازی است ؛ ایضا در رنگ کردن ابریشم ، چرم و لاستیک زیاد مورد استفاده قرار میگیرد .

یورانیوم

وزن اتمی ۲۳۸.۰۲۸

یورانیوم فلزیست سفید رنگ بوزن مخصوص ۱۸/۷ که در ۲۵۵۰ درجه سانتیگراد تقریباً گداخته میشود و در ۳۱۰۰ درجه بجوش میآید.

مواد اولیه و سنهای معدنی آن عبارتند از: ۱ - پیچ بلند (Pitch Blende) بفرمول U_3O_4 . ۲ - کارنوتیت (Carnotite) که مهمترین سنگ معدنی رادیوم است و محتوی یورانیوم و انادیوم نیز میباشد. ۳ - اتونیت (Autonite) بفرمول تقریبی $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$. ۴ - توربرنیت Torbern it بفرمول $Cu(UO_2)_2 \cdot P_2O_8 \cdot 8H_2O$

اصول استخراج

در کلیه مواد اولیه یورانیوم نسبت به محتویات این عنصر رادیوم نیز موجود است مخصوصاً در مواد اولیه که یورانیوم عنصر اصلی باشد. کلیه مواد اولیه یورانیوم را تا قبل از انفجار نیروی اتم و اختراع بمب اتمیک برای استخراج رادیوم بکار میبردند و کمتر یورانیوم آنرا استخراج میکردند ولی امروز عکس قضیه صدق میکند زیرا اهمیت یورانیوم بمراتب بیش از رادیوم شده است. نظر باینکه مقدار این عناصر در مواد معدنی آنها بسیار کم و ناچیز است، لذا آنها را باید با وسایل آرایش و تهیه پر عیار نمود و بشکل کنسانتره در آورد؛ سپس با چند برابر وزن آنها کربنات دوسود مخلوط کرد و در بوته یا کوره شعله گرما داد تا گداخته شوند. بعداً مواد گداخته را در آب حل نموده و صاف میکنند.

یورانیوم بصورت مایع مضاعف کربنات سدیم و یورانیوم در محلول میماند. حال باین محلول مقداری سود محرق اضافه کرده و گرمای دهند تا کلیه محلول بقلیان درآید و در نتیجه رسوب اورانات سدیم $Na_2U_2O_7$ ته نشین شود.

پس از صاف و خشک کردن، این مایع را با نمک طعام و کربن میگذازند و محصول گداخته را باز در آب حل نموده تا کلیه املاح دیگر حل شده و اکسید UO_2 رسوب کند.

فروپورانیوم (Ferrouuranium) را در کوره‌های الکتریکی می‌سازند و هم‌بسته حاصله را در پولاد سازی استعمال میکنند .
موارد استعمال اورانیوم - بغیر از استعمال آن در پولاد، یورانیم برای رنگ کردن در شیشه سازی بکار می‌برند و در این صنعت بیشتر ملح اورانات سدیم $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ را مورد استفاده قرار میدهند .
برای رنگ زرد و قرمز در صنایع چینی سازی و همچنین در حساس نمودن کاغذ های عکاسی از آن استفاده میشود. فعلا مورد استعمال مهم آن در ساختن بمب های اتمی و در انفجار اتم و استفاده از نیروی اتمی میباشد
معادن مهم یورانیم در کشور های ایالات متحده امریکا و در کنگوی بزرگ و در جزیره ماد گاسکار و در چکسلواکی و پرتغال می‌باشند .

پایان

صورت مأخذ های مهم

1 - Handbook of metallurgy

By Lidell

2 - Metallurgy of Iron and Steel

By Boylston

3 - Practical Steelmaking

By Walter Lister

4 - Engineering Metallurgy

By B. Stoughton and A. Butts

5 - Fuel and Refractory Materials

By Sexton and Davidson

6 - Principles of Metallurgy

By John L. Bray

فهرست ابجد، بنفش، سر ۴

صفحه	سطر	غلط	صحیح
۴۲۶	۱۶	Copper	Copper
۴۲۹	۱۲	Supirior	Superior
»	۱۸	درد مرحله	درد و مرحله
»	۱۹	میگذازند	میگذازد
»	۲۰	آگسید	آگسیده
۴۳۰	در جدول ۳۳ کلیه حروف (oh) ₂ و hoh و co ₃ و so ₄ باید به حروف زیر کت تصحیح شود		
۳۴۱	جدول ۳۴	Cu ₂ Sb ₂ S ₇	Cu ₂ Sb ₂ S ₇
»	»	AusAs ₂ S ₇	CusAs ₂ S ₇
»	»	محتوی	محتوی
»	»	جغرافی	جغرافی
»	»	نشده	نشده
»	»	میوه و سر سبز	میوه و سر سبز
۴۴۲	۲۵	گس	گسک
۴۶۳	۱۳	دارد	دارد
۴۶۴	۱۲	مقرص	مقرص
۴۷۵	۹	مقدور	مقدور
۴۷۶	۶	آگسید آهن	آگسید و آهن
۴۷۷	۱۸	FeSO ₄	2FeSO ₄
»	۲۱	پیکور پیکر	پیکور پیکر
۴۷۹	۴	سولفات	سولفات
۴۷۹	۲۲	عوامل خون	عوامل خونی
۴۸۹	شکل (۱۷۸)	معادن زغال سنگ	معادن زغال سنگ
۵۰۲	۱۳	PbO	2PbO
۵۰۳	۲۵	-(O)	-(O)
۵۰۸	۹	مقداری	مقدار
۵۰۹	۱۹	دماده	دماده
۵۱۲	۱۳	PbSO ₄	PbSO ₄
۵۲۴	۲۱	مواد استعمال	مواد استعمال
۵۳۷	۱۵	2n	2Zn
۵۴۴	۲۴	محتوی داری	محتوی در

صحيح	غلط	ستار	صفحه
مراحل	مراحلہ	۱۱	۵۵۴
CaOCl	GaOCl	۴۲	۵۹۶
Ag ₂ S	Ng ₂ S	۸	۶۰۸
Fe ₂ O ₃	FeO ₃	۱۰	»
از ازمہ	ازمہ	۲	۶۲۱
As ₂ O ₃	AS ₂ O ₃	۲۳	۶۲۲
مشتقات	مشتقات	۵	۶۴۸
بہرہ برداری	بہرہ برداری	۲۳	۶۴۹
الونیت	زالونیت	۶	۶۵۱
میشوند	میشوید	۲۱	۶۵۵
۲۲۶	۳۲۶	شکل	۶۶۸
Pyrolusite	Pyrolusite		۶۶۹
Crocoisite	Crocoisite	۶	۶۷۲
FeC ₂ Cr	FC ₂ Cr	۲۵	۶۷۵
Cr ₂ (SO ₄) ₃	Cr ₂ (SO)	۱۷	۶۷۸
از	زا	۱۴	۶۸۵
در رودسی	درزورسی	۳	۶۹۷

تألیف دکتر ذبیح الله صفا
 > > عزت الله خیرى
 ترجمه > برزوسپهرى
 تألیف > نعمت الله کیهانى
 > مهدى برکشلی
 تصحیح مدرس رضوى
 > سعید نقیسی
 تألیف دکتر محمود سیاسى
 > > فرهنگ شمس
 > > محمد معین
 > مهندس حسن شمسى
 > حسین گل گلاب
 > دکتر حسن منوچه نهرائى
 > > على اکبر یزیدى
 قراهم آورده دکتر مهدى بیانى
 تألیف دکتر فاسم زاده
 > > مهندس حبیب الله تائبى

تألیف زمین الماعین ذوالمجدین
 ترجمه یزید گ غلوی
 تألیف دکتر یسکانه جابری
 > > عزت الله خیرى
 > > غلوی وحدتى
 > > مهندس کریم ساهى
 > > دکتر اسماعیل زاهدی
 > > غلامحسین صدیقی
 > > محمد علی مجتهدی
 > > پرویز نالى زاهدی
 > > د. البرصادق کیا
 > > عباسى پهنج
 > > دکتر محمد یزیدى و شبار

حماسه سرائى در ایران
 وراثت (زیست شناسى ۱)
 آراء فلاسفه درباره عادت
 کالبدشناسى هنرى
 موسيقى ساسانى
 اساس الاقتباس خواجه نصیر طوسى
 تاریخ بیهقى (۲)
 بیماریهای دندان
 بهداشت و بازرسی خوراکیها
 مزدینا و تأثیر آن در ادبیات پارسی
 نقشه بردارى (۲)
 گیاه شناسى
 تاریخ دیپلوماسى عمومى
 روش تجزیه
 بدایع الازمان فی وقایع کرمان
 ضوق اساسى
 برخنان جنگلى ایران
 قررات دانشگاه
 اهنمای دانشگاه
 نه و تجارت
 تناسه ملی ایران
 مول گداز و استخراج فلزات (۱ و ۲ و ۳)
 یست شناسى (۲) بحث در نظریه لامارک
 هندسه تحلیلى
 نگل شناسى (۱)
 ریولوزى گیاهى (۱)
 رارش سفر هند
 ر و آنالیز
 فیق انتقادى در عروض فارسى
 ژه نامه طبرى
 یخ صنایع
 ول آموزش و پرورش

برایانهای دیگر

A Strain Theory of Matter

Dr. M. Atsushi

Les Espaces Normaux

Dr. M. Dastgheibi

University Handbook

Osaka, Japan, 1971

